RADIO UND FERNSEHEN

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO, FERNSEHEN, ELEKTROAKUSTIK UND ELEKTRONIK

5. JAHRGANG **15** AUGUST 1956



VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN NO 18

Aus dem Inhalt

SEITE

Mehr Technologen für unsere Industrie 445

Fritz Möhring
Wirkungsweise, Ausführungsform und Anwendung von Höchstleistungsklystrons für das Dezimeter- und Zentimeterwellengebiet, Teil 1 446

Interessantes über Fernsehen und UKW-Rundfunk im 6. Fünfjahrplan der Sowjetunion 449

Ferngelenkte Raketen 450

Maßangaben für UHF-Antennen 453

Werner Taeger
Die neuen Rundfunkempfänger von Graetz 455

Hans-Peter Hempel
Bemerkungen zur Berechnung von NF-Verstärkern für frequenzgetreue Klangwiedergabe 457

Heinz Kießling
Ein Kondensatorenmeßgerät 460

Karl-Heinz-Schubert
Das Grid-Dip-Meter, ein Universalmeßgerät für den Amateur 462

Gedruckte Schaltungen 464

Dipl.-Ing. B. Wagner
Grundbegriffe der Regelungstechnik 465

Unser Erfahrungsaustausch 467

Ing. Fritz Kunze
Röhreninformation UCC 85, ECC 85, Teil 2 469

Dipl.-Ing. Alexander Raschkowitsch
Lehrgang Funktechnik Hörrundfunk 471

Literaturkritik und Bibliographie 475

Dipl.-Ing. Hans Schulze-Manitius
Chronik der Nachrichtentechnik 476

Titelbild:

Sie meinen, auf diesem Bild fehlt noch etwas, lieber Leser? Sie werden staunen: das meinen wir auch! Lesen Sie bitte unsere Glosse auf Seite 459 dieses Heftes! Aufnahme: Blunck

Die Kurzwellenausbreitung im Juni 1956 und Vorschau für August 1956

Herausgegeben vom Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin

Ausbreitungsbericht im Juni 1956

Die Sonnenaktivität war im Berichtsmonat geringer als im Vormonat. Es wurde ein Mittelwert der Sonnenfleckenrelativzahlen von $\overline{R} = 116$ gemessen. Dem Maximum der Sonnenfleckenrelativzahl am 19. 6. ging diesmal kein entsprechendes Maximum voraus. An dieser Stelle lag während der vorherigen Sonnenrotation gerade ein Minimum.

Bereits am 1. Juni wurde bei leichter Erhöhung der erdmagnetischen Unruhe eine mittlere Ionosphärenstörung während des Tages beobachtet. Eine weitere Ionosphärenstörung begann am 9. 6., ließ am 10. 6. etwas nach und verstärkte sich am 11. und 12. wiederum. Am 12. 6. wurden die größten Abfälle der Grenzfrequenzen der F_2-Schicht beobachtet, währenderweise die magnetische Unruhe überraschenderweise gerade an diesem Tage zurückging. Sie stieg am folgenden Tage wieder an. Dieser 13. 6. war ionosphärisch noch nicht gestört. Erst am 14. und 15. 6. wurden bei weiter steigender erdmagnetischer Unruhe wieder mäßige Grenzfrequenzabfälle beobachtet. Die Störung hielt bis zum 18. 6. an und äußerte sich besonders durch einen Abfall der Tagesgrenzfrequenzen. Die letzte Dekade des Berichtsmonats war verhältnismäßig am stärksten gestört. Eine am 21. 6. beginnende Störung ging am 23. 6. etwas zurück und hatte nach einem weiteren Anstieg am 25. 6. ihr Maximum. Diesem Maximum vorausgehend war das Erdmagnetfeld am 24. 6. und auch während des Ionosphärensturmes selbst am 25. 6. stark unruhig.

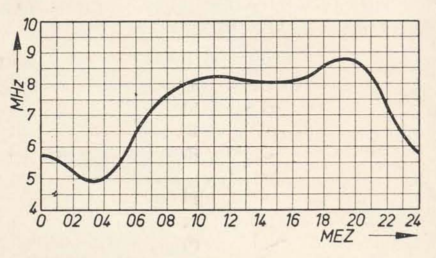
Die häufig auftretenden hohen und sehr hohen Grenzfrequenzen der sporadischen E-Schicht, die zu dieser Jahreszeit auch zu erwarten waren, brachten oft sehr gute short-skip-Bedingungen.

Die Tagesdämpfung war meist mittelstark, nur am 22. 6. wurde eine hohe Tagesdämpfung beobachtet.

Auch Mögel-Dellinger-Effekte wurden im Berichtsmonat häufig festgestellt.

Vorschau für August 1956

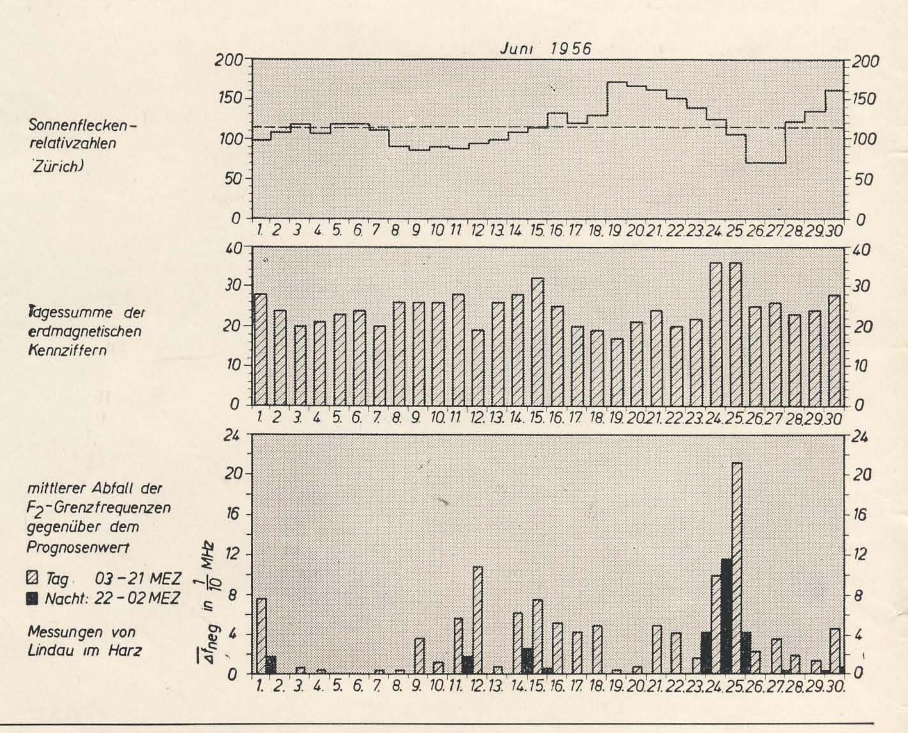
Die Kurve der voraussichtlichen Grenzfrequenzen der F_2-Schicht zeigt wiederum nur unbedeutende Unterschiede gegenüber der Kurve des Vormonats. Die nächtlichen



Voraussichtliche F_2-Grenzfrequenzen (Mittelwerte) im August 1956

Grenzfrequenzen werden voraussichtlich um ½ bis 1 MHz niedriger als im Juli liegen, während tagsüber keine wesentlichen Unterschiede gegenüber dem Vormonat zu erwarten sind.

Auch im August kann noch mit guten short-skip-Bedingungen gerechnet werden, da die Grenzfrequenzen der sporadischen E-Schicht voraussichtlich auch in diesem Monat recht hoch liegen werden.

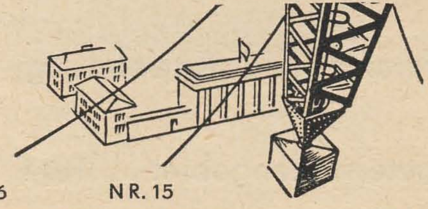


Verlag „Die Wirtschaft", Verlagsdirektor Walter Franze

Verantwortlicher Fachredakteur: Ing. Giselher Kuckelt, Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22, Fernruf: 530871, Fernschreiber: 1448. Veröffentlicht unter Lizenznummer 4102 des Amtes für Literatur und Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik. — **Anzeigenannahme:** Verlag „Die Wirtschaft", Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22, und alle Filialen der DEWAG-Werbung. Zur Zeit gültige Preisliste Nr. 1. — **Druck:** Tribüne-Verlag, Druckerei III, Leipzig III/18/36. — Nachdruck und Auszüge nur mit Quellenangabe gestattet. Alle weiteren Rechte vorbehalten. — Die Zeitschrift „Radio und Fernsehen" erscheint zweimal im Monat; Einzelheft 2,– DM. Bestellungen nehmen entgegen: für die Deutsche Demokratische Republik: sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin; für die Deutsche Bundesrepublik: sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin. Auslieferung erfolgt über HELIOS Literatur-Vertriebs-Ges. m. b. H. Berlin-Borsigwalde, Eichborndamm 141—167; für das Ausland: UdSSR: Meshdunarodnaja Kniga, Moskau 200, Smolenskaja P. 32/34; Volksrepublik China: Guozi Shudian, 38, Suchoi Hutung, Peking; Volksrepublik Polen: Prasa i Ksiazka, Foksal 18, Warszawa; Tschechoslowakische Republik: Artia A.G., Ve Smečkách 30, Praha II; Ungarische Volksrepublik: „Kultura", P.O.B. 149, Budapest 62; Rumänische Volksrepublik: CARTIMEX, Bukarest 1, P.O.B. 134/135; Volksrepublik Bulgarien: Raznoiznos, 1, Rue Tzar Assen, Sofia; Volksrepublik Albanien: Ndermarrja Shtetnore Botimeve, Tirana; für alle anderen Länder: Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22.

RADIO UND FERNSEHEN

5. JAHRGANG 1. AUGUSTHEFT 1956 NR. 15



Mehr Technologen für unsere Industrie!

Eine der verantwortungsvollsten Aufgaben, die es in der Industrie zu erfüllen gibt, ist die Organisierung des Fertigungsprozesses. Die beste Entwicklung, die ausgereifteste Konstruktion und die modernste maschinelle Ausrüstung können nicht zur Wirkung kommen und nicht zum maximalen Erfolg führen, wenn das organisierende und koordinierende Verbindungsglied den Anforderungen nicht gewachsen ist, die von der Produktion gestellt werden. Im folgenden wird über die Ausbildungsrichtlinien der Fachrichtung Technologie an der Fachschule für Elektrotechnik „Fritz Selbmann" in Mittweida kurz berichtet.

Die Technologen nehmen in unseren sozialistischen Betrieben eine vorrangige Stellung ein. Sie arbeiten als Planungstechnologen, Technologen für Fertigungsvorbereitung und Operativtechnologen.

Der Begriff „Technologie" sowie deren Aufgaben sind im Gesetzblatt und in der Grundsatzordnung der KdT festgelegt.

Eine Anzahl der Mitarbeiter in den technologischen Abteilungen sind Ingenieure; doch ist zu bemerken, daß durch die sprunghafte Weiterentwicklung unserer volkseigenen Industrie zur Zeit noch ein erheblicher Mangel an ingenieurtechnischem Personal herrscht. Um diesen zu überbrücken, sind zur Zeit viele Facharbeiter als Technologen tätig, die über eine langjährige praktische Tätigkeit und eine gute Auffassungsgabe verfügen, so daß sie befähigt sind, auch schwierige Tätigkeiten auszuüben. Es ist daher notwendig, Technologen auszubilden, die, gestützt auf langjährige praktische Erfahrungen und ein hohes theoretisches Wissen, ihre Aufgaben in der volkseigenen Industrie erfüllen können.

Die bisher gemachten Erfahrungen zeigen, daß wohl eine große Anzahl von Stellen in den Technologieabteilungen der RFT-Betriebe zur Verfügung stehen, aber nur wenig Jungingenieure davon Gebrauch gemacht haben. Der Grund dafür ist, daß erst 1953 spezielle Studienpläne für diese Fachrichtung geschaffen worden sind und 1954 mit der Ausbildung begonnen wurde. Die Ausbildung nach den vom Staatssekretariat für Hoch- und Fachschulwesen genehmigten Studienplänen gliedert sich in folgende vier Abschnitte:

a) Allgemeinbildende Fächer

Gesellschaftswissenschaft	Russisch
Deutsch	Körpererziehung

b) Technische Grundwissenschaften:

Mathematik	Physik	Chemie

c) Allgemeine Grundwissenschaften:

Betriebsökonomie und Betriebsorganisation	Technisches Zeichnen, darstellende Geometrie
Festigkeitslehre	Elektrotechnik
Stoffkunde und Werkstoffkunde	Fertigungstechnik
Mechanik	Elektrische Meßtechnik

d) Spezielle Fachwissenschaften:

Arbeitsschutz	Werkanlagen
Mechanische Meßtechnik	Spanlose Feinwerkfertigung
Hochfrequenz- und Fernmeldetechnik	Oberflächentechnik
Werkzeugmaschinen	Physiologie
Fertigungsvorbereitung	Maschinenkunde
Vorrichten und Entwerfen	Praktische Übungen im Meßlabor, HF- und Lm-Labor usw.

Der Technologe hat die Aufgabe, die Grundlagen für die Gestaltung des materiellen Produktionsprozesses nach technisch-wissenschaftlichen Grundsätzen unter Berücksichtigung der menschlichen Arbeitskraft zu schaffen. Von einem Absolventen werden nach 3jährigem Studium an der Ingenieurschule außer den Grundlagen besondere Kenntnisse auf dem Gebiet der Planung, Organisation, Fertigungsvorbereitung und der HF- und Fm-Technik verlangt.

Die Fähigkeiten, welche von einem Ingenieur-Technologen gefordert werden, sind: Erschließung neuer Produktionswege und Entwicklung neuer Arbeitsmethoden, die Fähigkeit der Menschenführung der ihm unterstellten Arbeiter und Angestellten.

Es sei aber an dieser Stelle besonders darauf hingewiesen, daß bei der Auswahl der Bewerber für das Studium der Technologie besondere Anforderungen gestellt werden müssen. So legen wir an der Fachschule für Elektrotechnik Mittweida besonderen Wert auf Facharbeiter, die in der mechanischen Fertigung tätig waren.

Auf Grund unserer Feststellung muß man sich gegen die leider immer noch vorhandenen Auffassungen wehren, daß für die Technologie auch minderbegabte Absolventen genügen. Solche falschen Ansichten haben zur Folge, daß nicht jene schöpferischen Kader in die Technologie kommen, von denen eine Bereicherung unserer Technik zu erwarten ist. Die Wirtschaftlichkeit unserer volkseigenen Industrie und die damit verbundene Mechanisierung und Automatisierung im Rahmen des Planes der neuen Technik wird nur dann gewährleistet werden, wenn die besten Absolventen als Technologen eingesetzt werden.

Es kommt darauf an, in jedem Betrieb eine Technologie aufzubauen, die wissenschaftlich-fortschrittlichen Charakter trägt und damit die Forderung nach einer soliden ingenieurmäßigen Ausbildung um so berechtigter macht.

Dozent Helmut Degner
Fachschule für Elektrotechnik „Fritz Selbmann", Mittweida

Nachrichten

Gebühren von monatlich 4,— DM werden ab 1. 7. d. J. für den Fernsehrundfunkempfang von der Deutschen Post erhoben. In diesem Betrag sind die Gebühren für einen separaten Hörrundfunkempfänger enthalten. In Westberlin und Westdeutschland sind dagegen für den Fernsehrrundfunkempfang 5,— DM, für den Hörrundfunkempfang zuzüglich 2,— DM zu zahlen.

Entsprechend der Verordnung über den Fernsehrundfunk vom 1. 6. 56 müssen alle Fernsehgeräte beim zuständigen Postamt angemeldet werden. Soweit Fernsehrundfunkempfangsanlagen gewerbsmäßig errichtet werden, ist eine Lizenz bei der zuständigen Bezirksdirektion für Post- und Fernmeldewesen zu beantragen. Für die gewerbsmäßige Ausnutzung dieser Anlagen ist eine besondere Genehmigung des Staatlichen Rundfunkkomitees erforderlich.

Das Studienfach Starkstromtechnik, das bisher an der Fachschule für Elektrotechnik „Fritz Selbmann" in Mittweida gelehrt wurde, ist auf Beschluß der beiden Ministerien für Maschinenbau an die Fachschule für Schwermaschinenbau und Elektrotechnik, Berlin-Lichtenberg, verlegt worden.

Der Bau von vier Internaten, einem Schulgebäude und einer Großküche wurde in den Perspektivplan der Fachschule für Elektrotechnik „Fritz Selbmann", Mittweida, aufgenommen. Das Internat wird bereits am 1. 9. 1957 für 100 Studierende zur Verfügung stehen. Nach Verwirklichung dieser Pläne, womit in der Zeit des 3. Fünfjahrplanes zu rechnen ist, kann die Schule 1200 Studierende aufnehmen und den Betrieben in jedem Jahr etwa 400 Absolventen zur Verfügung stellen.

Zum Direktor des **Instituts für technische Elektronik,** das an der Technischen Hochschule München neu errichtet wurde, und zum ordentlichen Professor für dieses Fachgebiet ist Prof. Dr.-Ing. Max Knoll berufen worden, der bisher an der Princeton University, USA, tätig war.

Für die Verwendung von Spezialröhren in gedruckten Schaltungen stellt Valvo Miniaturröhrenfassungen in Kunststoffausführung nach dem „snap-in"-System her. Weitere Fassungen, die der besonderen Fertigungstechnik gedruckter Schaltungen angepaßt sind, befinden sich in Vorbereitung.

Der erweiterte Austausch von Rundfunk- und Fernsehprogrammen zwischen der Sowjetunion und der Ungarischen Volksrepublik sowie der Ausbau der Telegrafen- und Fernsprechverbindungen zwischen diesen Ländern waren das Ergebnis von Verhandlungen, die Ende Mai in Moskau geführt wurden.

Mit einer Höhe von 500 m wird der im Bau befindliche neue Moskauer Fernsehturm den Pariser Eiffelturm noch um 200 m und das Empire State Building in New York um 152 m überragen. Das Riesenbauwerk ist eine Konstruktion aus Stahlrohren mit bis zu 4 m Ø. Der Hauptmast soll von großen Trossen gehalten werden, die im Fundament mit Spezialspanneinrichtungen verankert sind. Durch die im Abstand von 90 m vorgesehenen Querverstrebungen werden die Schwingungen an der Spitze des Turmes max. nur 6,8 m betragen. Feste Plattformen werden als Aussichtstürme in Höhen von 90, 180, und 270 m eingebaut. Das Turminnere soll zwei Aufzüge eine Treppe sowie die erforderlichen Kabel enthalten. Der Sendeturm wird in 360 m Höhe den vorgesehenen Farbfernsehsender aufnehmen. Nach Angaben des leitenden Obering. Sokolow wird die Montage des Hauptmastes, der nur 1500 t Metall enthält, nicht mehr als 150 Tage in Anspruch nehmen. Der bisher benutzte Moskauer Fernsehturm ist 160 m hoch.

Ein neues Kernmikroskop, bestehend aus einem 70-m-Elektronenlinearbeschleuniger, der mit einem 55 t schweren und 5 m hohen magnetischen Spektrometer gekuppelt ist, leistet den Kernphysikern der Stanford-Universität bei ihren Forschungsarbeiten wertvolle Hilfe.

FRITZ MÖHRING

Wirkungsweise, Ausführungsformen und Anwendung von Höchstleistungsklystrons für das Dezimeter- und Zentimeterwellengebiet Teil 1

Einführung

In der drahtlosen Nachrichtentechnik wurden in den letzten Jahren in zunehmendem Maße gebündelte elektromagnetische Schwingungen im Bereich der Meter-, Dezimeter- und Zentimeterwellen zur Nachrichtenübertragung herangezogen. Die Nachrichtenübermittlung durch Richtstrahlen hat gegenüber der drahtgebundenen Technik einige sehr wesentliche Vorzüge. Zunächst entfällt bei der Richtstrahltechnik die Energieleitung, die für Vielkanalsprechverbindungen oder bei der Übertragung von Fernsehsendungen Bandbreiten von 5 bis 8 MHz aufweisen muß. Diese Energieleitungen werden technisch als Breitbandkoaxialkabel bis zu einer Bandbreite von 5 MHz ausgeführt. Der Kostenaufwand für solche Kabelnachrichtenstrecken ist außerordentlich hoch und im wesentlichen durch die Kosten für das spezielle Breitbandkabel und dessen Verlegung bedingt. Bei der Richtstrahltechnik besteht eine bessere Anpassungsfähigkeit an die wechselnden Betriebserfordernisse. Sie ermöglicht außerdem die Überbrückung unwirtlicher Gegenden. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist vor allem die Einsparung großer Rohstoffmengen, vor allem von Kupfer.

Demgegenüber seien auch einige Nachteile des Richtstrahlverfahrens angeführt. Es müssen bei Richtfunkstrecken zwar weniger, dafür aber wesentlich kompliziertere und umfangreichere Zwischenverstärker eingesetzt werden, so daß sich ein größerer Stromverbrauch, höhere Betriebskosten und demzufolge auch entsprechend große Notstromanlagen ergeben. Hinzu kommt noch die verhältnismäßig geringe Lebensdauer der hier eingesetzten Zentimeter- und Dezimeterverstärker- und -senderöhren. Darüber hinaus müssen in vielen Fällen Turmbauten für die Antennen errichtet werden.

Der wesentliche Vorteil besteht jedoch in der größeren Übertragungskapazität des Höchstfrequenzgebietes, das für diese Übertragungszwecke herangezogen wird, so daß der oben angegebene Aufwand ohne weiteres gerechtfertigt wird.

Die absoluten Frequenzbandbreiten betragen bei:

Meterwellen	270 MHz,
Dezimeterwellen	2 700 MHz,
Zentimeterwellen	27 000 MHz.

Im Mittelwellenbereich steht dagegen nur eine absolute Bandbreite von etwa 1 MHz zur Verfügung, so daß man erkennt, welche großen Vorteile das Höchstfrequenzgebiet in dieser Hinsicht bietet.

Hinzu kommen noch die sehr geringen äußeren Störungen in Form von terrestrischen Störungen und der galaktischen und solaren Rauscheinströmung in diesem Frequenzgebiet. Für den Störabstand ist daher lediglich das Eigenrauschen des Gerätes bestimmend.

Die im Zentimetergebiet zur Verfügung stehenden breiten Frequenzbänder ermöglichen außerdem die Anwendung störungsmindernder Modulationsverfahren, wie Frequenz- und Phasenwinkelmodulation. Hierdurch ergeben sich neben der empfängerseitigen Störunterdrückung vor allem im Modulationsteil des Muttersenders erhebliche Vorzüge, da eine Modulation in einfacher Weise mit Hilfe von Reaktanzröhren durchgeführt werden kann.

Grundsätzlich besteht eine Richtverbindungsstrecke aus einem Muttersender, einem Empfänger und einem oder mehreren Zwischenverstärkern. Die Richtantennen der einzelnen Stationen wurden bisher stets so aufgestellt, daß — vor allem im Dezimeter- und Zentimetergebiet — zwischen zwei benachbarten Antennen eine direkte Sichtverbindung vorhanden ist. Außerdem soll die erste Fresnelzone frei von beugenden Hindernissen sein. Für die Leistungsendstufen der einzelnen Verstärker wurden bisher spezielle Röhrentypen eingesetzt, die den Anforderungen der Höchstfrequenztechnik Rechnung tragen. Im Dezimetergebiet waren dies hauptsächlich Scheibentrioden, im Zentimetergebiet unterhalb $\lambda = 8$ cm Klystrons oder Wanderfeldröhren, mit denen Ausgangsleistungen je nach Röhrentyp von 1 bis 20 W im Dauerbetrieb erzielt werden können.

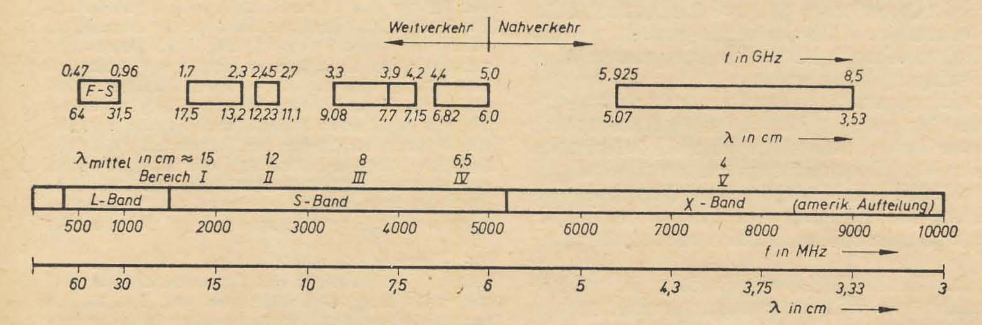


Bild 1: Wellenplan von 0,47 bis 8,5 GHz gemäß VO-Funk des Weltnachrichtenvertrages von Atlantic City (1947)

Der Übergang zu Wellenlängen zwischen 17,5 und 3,5 cm (1,7 bis 8,5 GHz) ermöglichte außerdem eine sehr hohe Energiebündelung mit nicht zu großen Parabol- und Linsenantennen. Auf diese Weise können mit tragbarem Antennenaufwand Leistungsgewinne von 1000 und mehr bei einem Öffnungswinkel des Funkstrahles von 2 bis 5° erzielt werden. Die angegebenen, verhältnismäßig geringen Senderleistungen waren daher bei den bisher üblichen Funkfeldlängen für den sicheren Betrieb einer Richtfunkstrecke ausreichend.

Die Wellenverteilung selbst wurde auf der Weltnachrichtenkonferenz in Atlantic City (1947) geregelt. Die für die drahtlose Nachrichtentechnik festgelegten Frequenzen sind für die höheren Frequenzlagen im Bild 1 dargestellt. Hiernach sind für die drahtlose Nachrichtentechnik fünf Frequenzgebiete vorgesehen, die ausschließlich der Nachrichtenübermittlung zur Verfügung stehen. Die zwischen den Gebieten liegenden Frequenzen können für andere Zwecke (Funkortung, industrielle Zwecke) verwendet werden. Entsprechend den physikalischen Eigenschaften der Zentimeterwellen ist der Wellenbereich im Gebiet über 5 cm mehr für den Weitverkehr und der Wellenbereich unterhalb 5 cm für den Nahverkehr geeignet, wobei man unter Weitverkehr Entfernungen über 500 km versteht.

Die neuesten Erkenntnisse über die Ausbreitungsbedingungen hinter dem optischen Horizont im Gebiet der Zentimeterwellen ergeben neue Perspektiven für die drahtlose Nachrichtenübermittlung, wenn es gelingt, Hochleistungsverstärkerröhren mit wirtschaftlich tragbarem Aufwand zu fertigen.

Von Megaw, Bullington, Gerks, Rogers, Caroll und anderen wurden Ausbreitungsmessungen im Frequenzgebiet von 40 MHz bis 40 000 MHz sowie theoretische Berechnungen im Hinblick auf die Ausbreitungsverhältnisse in diesem Gebiet durchgeführt. Auf Grund der Messungen ergaben sich in dem angeführten Frequenzgebiet Feldstärkewerte, deren Verlauf unmittelbar hinter dem optischen Horizont den bisherigen Anschauungen und Theorien entspricht. In weiterer Entfernung wurden jedoch Änderungen der bisher nur berechneten Feldstärkewerte festgestellt. Die Feldstärken liegen, wie Roeseler nach der neueren Theorie berechnet hat, in etwa 400 km Entfernung um 16 Zehnerpotenzen höher als dies nach den bisherigen Berechnungen und Theorien von van der Pol, Bremmer und anderen der Fall war.

Nach Berechnungen von Caroll ergeben sich Streckendämpfungen von etwa 0,19 dB je Meile, während von Rogers ein Wert von 0,23 dB je Meile angeführt wird, so daß die Wellenausbreitung in Entfernungen > 300 km nach einem d^{-7} bzw. d^{-8}-Gesetz erfolgt (d = Entfernung Sender—Empfänger). Auf Grund dieser Ergebnisse wird es in Zukunft möglich sein, die Zahl der Zwischenverstärker innerhalb einer Richtverbindungsstrecke erheblich herabzusetzen, so daß der finanzielle Aufwand für eine solche Richtverbindungsstrecke erheblich reduziert werden kann.

Neben der Möglichkeit, solche Gebiete zu überbrücken, in denen die Aufstellung von Zwischenverstärkern bisher nicht möglich war, sind auch qualitative Vorteile zu verzeichnen, da der Gesamtrauschabstand der Richtverbindungsstrecke um so geringer wird, je größer die Zahl der eingesetzten Zwischenverstärker ist, und zwar erhöht sich die Rauschzahl pro Funkfeld um etwa 9 dB.

Wisbar kommt zu der Folgerung, daß sich mit 40 kW Senderleistung bei Frequenzen $\geqq$ 200MHz und einem Antennengewinn von 250 in einer Entfernung von 450 km die gleiche Feldstärke ergibt wie bei dem Bezugsaufwand in 90 km Entfernung zwischen zwei Verstärkerstationen bei den bisher üblichen Senderleistungen.

Als maximale Reichweite bei Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors werden Entfernungen von 600 km statt bisher maximal 90 km für ein Funkfeld bei Frequenzen $\geqq$ 200 MHz angeführt. Zur Überbrückung dieser Entfernung waren bisher etwa zehn Zwischenverstärker erforderlich.

Neben diesem Hauptanwendungsgebiet der Höchstfrequenzleistungsröhren in der Richtfunktechnik müssen in gleicher Weise zur wirtschaftlichen Erschließung des Dezimeterbereiches für den Fernsehrundfunk (Band IV 470 bis 580 MHz, Band V 610 bis 940 MHz) Röhren mit großer Bandbreite und entsprechender Ausgangsleistung zur Verfügung stehen. Darüber hinaus werden auch in der Medizin, Atomforschung und Industrie in zunehmendem Maße Höchstfrequenzhochleistungsröhren angewendet.

Zur Erzeugung hochbeschleunigter Elementarteilchen für Forschungszwecke auf dem Gebiete der Kernphysik sowie zur Erzeugung von sehr harten Röntgenstrahlen, wie man sie zur Strahlentherapie und zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung anwendet, sind Höchstfrequenzleistungen von mehreren Megawatt notwendig. Es erschien zunächst naheliegend, hierfür die gittergesteuerten Senderöhren, wie sie zur Zeit im Frequenzgebiet von 200 bis 300 MHz Anwendung finden, weiterzuentwickeln. Beim Bau von Leistungsröhren im Frequenzgebiet oberhalb 300 MHz treten jedoch größere technologische Probleme auf, die konstruktive und fertigungstechnische Schwierigkeiten mit sich bringen. Außerdem nehmen Ausgangsleistung und Wirkungsgrad von Höchstfrequenztrioden mit steigender Frequenz sehr schnell ab, wie aus den Bildern 3 und 4 hervorgeht.

Bild 2: Leistungstetrode 4 W 20 000 A (Eimac) für eine Impulsleistung von maximal 25 kW im Frequenzgebiet von 500 MHz

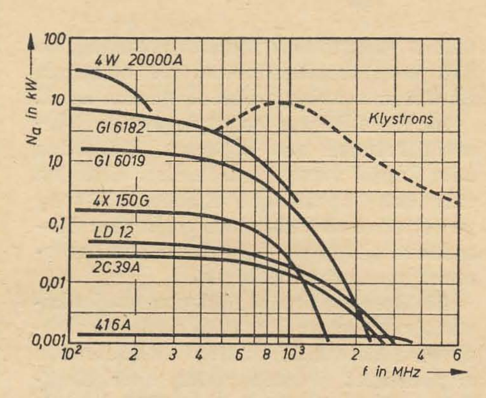


Bild 3: Ausgangsleistung N_a von Scheibentrioden und Klystrons in Abhängigkeit von der Frequenz im Gebiet oberhalb 100 MHz

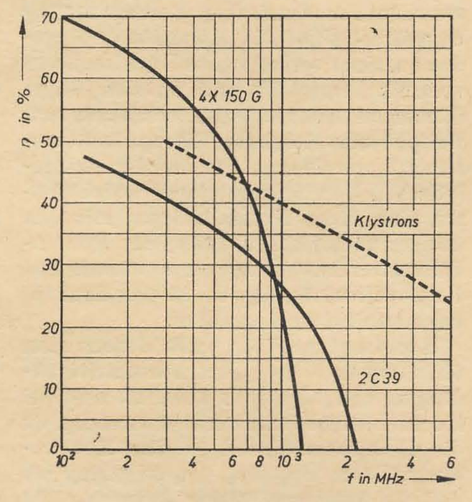


Bild 4: Wirkungsgrad von Scheibentrioden und Klystrons in Abhängigkeit von der Frequenz im Gebiet oberhalb 100 MHz

Die Ausgangsleistungen von 0,5 bis 5 W im Gebiet von 3000 MHz genügen nur für solche Sendezwecke, wo sich zusätzlich hohe Antennengewinne in der Größenordnung von 1000 erzielen lassen, und wenn die Antennen der Richtverbindungsstationen im Sichtbereich liegen.

Der starke Abfall der Ausgangsleistung bei höheren Frequenzen ist bedingt durch die begrenzte Emissionsfähigkeit der angewendeten Oxydkatoden, geringe Elektrodenabstände, die damit verbundene Anodenhöchstspannung sowie durch die Hochfrequenzverluste in den Elektrodenhalterungen, Gittern und dem angeschlossenen Resonanzkreis.

Eine typische Ausführungsform einer Dezimeterleistungstetrode ist im Bild 2 dargestellt. Es handelt sich um die auch im Bild 3 angegebene Röhre 4 W 20000 A der Firma Eimac (San Bruno, USA), die im Dezimeterfernsehgebiet bei 500 MHz noch eine maximale Impulsspitzenleistung von 25 kW liefert.

Für die Erzeugung größerer Höchstfrequenzleistungen hat sich bisher das Mehrkammerleistungsklystron als brauchbar erwiesen.

Wie man aus den Bildern 3 und 4 erkennt, sind die Klystrons bereits ab 500 MHz den dichtegesteuerteu Röhren leistungsmäßig überlegen. Die Ausgangsleistung kann jedoch noch beträchtlich gesteigert werden, vor allem bei Impulsbetrieb. Außerdem entfallen die großen technologischen Schwierigkeiten, die sich bei der Fertigung von Trioden und Tetroden ergeben.

Der Amplitudenverlauf läßt sich bei Mehrkreisklystrons durch Versetzen der Resonanzfrequenzen der einzelnen Schwingkreise weitgehend linear gestalten. Die Gütezahlen (GB-Produkt) liegen bei Werten von 1000 (MHz) und höher.

Die großen Laufzeitdifferenzen des Klystrons (bei ± 5 MHz $\approx$ 10 ns), die sich auch bei gegenseitiger Verstimmung der Kreise wenig vermindern und eine Impulsverformung zur Folge haben können, wenn ein Signal die Klystronzwischenverstärker 10 bis 25mal durchläuft, werden bei Anwendung von Hochleistungsklystrons an Bedeutung verlieren, da die Anzahl der Zwischenverstärker erheblich vermindert werden kann. Außerdem kann man durch Phasenausgleichsglieder eine gewisse Korrektur erzielen.

Aufbau und Wirkungsweise eines Mehrkammerklystrons

Ein Mehrkammerklystron besteht grundsätzlich, wie aus Bild 5 ersichtlich ist, aus einem Strahlerzeugungssystem, das sich aus der Katode, einer Fokussierungselektrode und einer mit einer Strahldurchtrittsöffnung versehenen Sauganode A_1 zusammensetzt, sowie mehreren Resonanzkreisen R_1, R_2, R_3 und einer Anode A_2 zum Auffangen des „abgearbeiteten" Elektronenstrahles. Der Steuerkreis R_1 und der Arbeitskreis R_3 besitzen jeweils einen Hochfrequenzeingang S_1 bzw. Hochfrequenzausgang S_2.

Sämtliche Resonanzkreise, die in Form von Topfkreisen ausgebildet sind, besitzen Strahldurchtrittsöffnungen, so daß ein rotationssymmetrischer Elektronenstrahl durch dieses Mehrkreissystem hindurchgeschossen werden kann. Da ein solches Mehrkreisklystron infolge der großen Anzahl von Schwingungskreisen vor allem im Dezimetergebiet beträchtliche Abmessungen aufweist, reicht die elektrostatische Fokussierung im Raum Katode—Sauganode zur Erzeugung eines genügend schlanken Elektronenstrahles allein nicht aus. Es

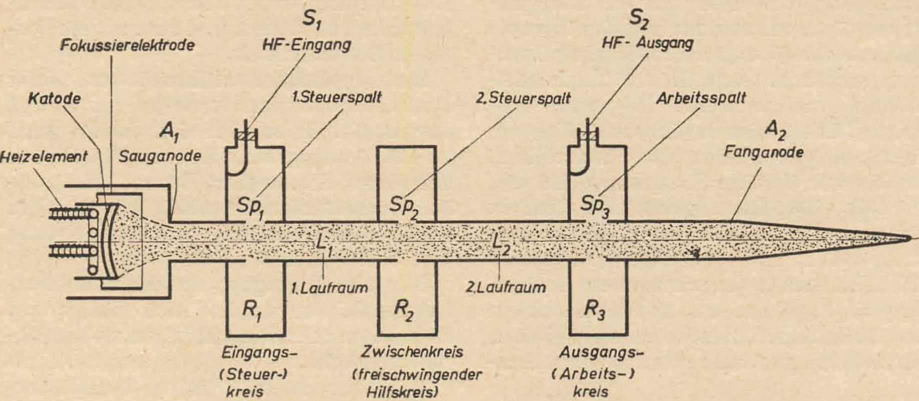


Bild 5: Schematische Darstellung eines Dreikreisklystrons

wird deshalb meist zusätzlich ein Magnetfeld zur Strahlbündelung herangezogen. Dadurch wird ein Aufspreizen des Elektronenstrahles infolge der im Elektronenstrahl selbst vorhandenen Raumladung beim Durchlaufen der Schwingkreise und Laufräume vermieden. Die in den Eingangskreis R_1 eintretenden Elektronen werden im Steuerfeld Sp_1 geschwindigkeitsmoduliert. Im ersten Laufraum findet nunmehr eine teilweise Umwandlung der Geschwindigkeitsmodulation in eine Dichtemodulation statt.

Beim Eintritt der Elektronengruppen, die sich im ersten Laufraum gebildet haben, in den freischwingenden zweiten Resonanzkreis wird dieser angeregt und moduliert nun seinerseits erneut die durchlaufenden Elektronen. Im nächstfolgenden Laufraum treten nunmehr überaus kräftige Elektronenpakete in Erscheinung, die beim phasenrichtigen Eintritt in den Arbeitsspalt Sp_3 abgebremst werden, so daß im Arbeitskreis R_3 eine Umwandlung der kinetischen Energie der Elektronengruppen in hochfrequente Feldenergie stattfindet. Die Leistungsverstärkung, die sich mit einer Mehrkreisanordnung erzielen läßt, ist abhängig von der Länge der Laufräume, dem Grad der Aussteuerung und der Verstimmung der freischwingenden Resonanzkreise. Durch Verstimmen der einzelnen Kreise gegeneinander läßt sich der Amplitudenverlauf in befriedigender Weise linearisieren.

Obwohl sich mit Mehrkammerklystrons Wirkungsgrade von 40 bis 50% erzielen lassen, sind beträchtliche Strahlleistungen aufzubringen, wenn hohe Ausgangsleistungen gefordert werden. Vor allen Dingen ist die Erzeugung eines gut gebündelten Elektronenstrahles notwendig, so daß die Stromaufnahme der einzelnen Laufräume gering gehalten werden kann.

Als Katoden werden vorzugsweise Reinmetallkatoden aus Wolfram, Molybdän oder Tantal verwendet, da diese Katoden eine hohe spezifische Flächenbelastung gestatten und außerdem gegenüber Katodenvergiftungen und Ionenbombardement unempfindlich sind.

Als Resonanzkreise finden entweder kapazitiv belastete Rechteckhohlraumresonatoren Verwendung, die stets von außen zugeschaltet werden, oder aber Topfkreise, die meist ein Teil der Röhrenhülle selbst sind. Im ersteren Falle wird die Metallkeramikweise angewendet, da Verbindungen zwischen Glas und Metall wegen der auftretenden hohen thermischen und mechanischen Beanspruchung ungeeignet sind. Die Keramikrohre werden aus einer verlustarmen Hochfrequenzkeramik hergestellt und an den Stirnflächen mit einer Metallsinterschicht, zum Beispiel aus Molybdän-Eisenpulver, versehen. Nach einer entsprechenden elektrolytischen Verstärkung dieser Schicht lassen sich diese Keramikkörper mit den übrigen metallischen Teilen der Röhrenhülle unter Anwendung eines eutektischen Kupfersilberlotes (Ag-Cu 72 oder ähnlich) vakuumdicht hart verlöten.

Hochfrequenzgitter, mit denen man üblicherweise die Strahldurchtrittsöffnungen von Klystrons abdeckt, sind bei Hochleistungsröhren nicht notwendig, da die Elektronenlaufzeit in den Hochfrequenzfeldern Sp_1, Sp_2, Sp_3 so gering ist, daß die Ausgangsleistung dadurch nicht beeinträchtigt wird.

Wird im Heft 17 fortgesetzt

Weitverkehr über Kabel- und Richtfunkstrecken

Infolge des raschen Anwachsens des Fernsprech-, Fernschreib- und Telegrammverkehrs in vielen Ländern ist es notwendig, für eine wirtschaftliche Lösung der sich hieraus ergebenden Aufgaben sowohl Kabel- als auch Richtfunkstrecken für vielfache Ausnutzung zu entwickeln. Speziell für diese Aufgaben hat Telefunken kürzlich das Werk für Weitverkehr in Backnang bei Stuttgart in Betrieb genommen, in dem die Kabel- und Richtfunktechnik vereinigt ist.

Von Telefunken entwickelte Koaxialkabel für die Trägerfrequenztechnik mit einem Durchmesser von nur 33 mm sind für die gleichzeitige Übertragung von bis zu 2880 Gesprächen ohne gegenseitige Störung geeignet. Während in den äußeren Sternviererleitungen 8 × 240 Gespräche laufen, leitet der Kabelkern entweder 960 Gespräche oder eine Fernsehbildübertragung, für die eine Bandbreite von über 7 MHz erforderlich ist.

Die Vorzüge der zur Entlastung von Kabelstrecken in der Bundesrepublik errichteten Richtfunkstrecken sind: schneller Aufbau, wirtschaftlicher Betrieb und große Störfreiheit. Außerdem können die Umsetzstellen vollautomatisch betrieben werden, wobei durch Fernmeldung entstehender Ausfälle, selbsttätige Einschaltung von Reservegeräten und ferngesteuerte Bedienung wichtiger Teile vom nächsten Knotenpunkt aus Betriebskosten weitgehend eingespart werden können.

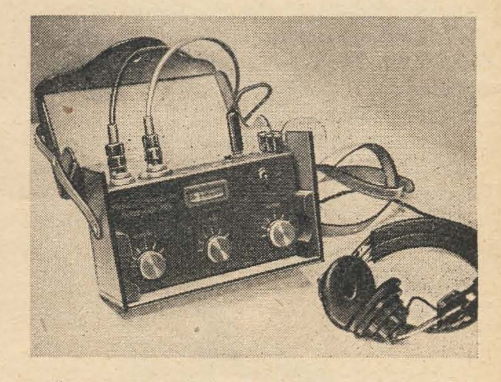
2400 km lang ist die bisher in der Bundesrepublik errichtete Dezimeterfernsehstrecke, weitere 300 km verbinden Wien über Salzburg mit dem westdeutschen Netz. Dazu kommen noch die Funkbrücken der Eurovision durch die Schweiz nach Italien, nach Frankreich, Holland und Belgien mit Verbindung nach England, die Strecke Dänemark—Schweden wird demnächst folgen.

Die erste Vielkanalfunkstrecke der Bundespost, die zwischen Hannover und Münster kürzlich in Betrieb genommen wurde, führt auf einer Trägerwelle 240 Gespräche, die über Kabel nach Dortmund und Düsseldorf weitergeleitet werden. Eine weitere Anlage mit 600 Kanälen im 8-cm-Band wird Telefunken demnächst der Post für die Nord-Süd-Strecke liefern, auf der bis zu sechs Parallellinien im Richtfunk arbeiten werden.

Besonders günstig in bezug auf Außenstörungen ist das von Telefunken betriebsfertig entwickelte Richtfunkverfahren auf Trägerfrequenz mit Pulsphasenmodulation (PPM). In Westdeutschland wurden bereits 1500 km solcher Richtfunkstrecken mit je 24 Gesprächskanälen errichtet. Auch für die Übertragung von UKW-Rundfunksendungen, die eine große Bandbreite erfordern, eignet sich dieses Verfahren. So ist in Österreich eine 850 km lange PPM-Kette mit 26 End- und Zwischenstellen für die Verbindung der Sender von Bregenz über Innsbruck—Wien—Graz bis Klagenfurt schon zum größten Teil in Betrieb.

Transportabler Transistormischverstärker

Über eine neue Anwendungsmöglichkeit von Transistoren wurde kürzlich von der Baird Associates, Inc., Cambridge, Massachusetts (USA), berichtet. Der neu entwickelte, mit Transistoren bestückte transportable Mischverstärker für zwei Kanäle dürfte in der Fachwelt sehr beachtet werden. Das gegenüber bisherigen Ausführungen um 90% leichtere und



95% kleinere Gerät ist für den beweglichen Einsatz beim Rundfunk und für die Schallaufnahmetechnik geeignet. Als Stromquelle dient eine 13-V-Batterie aus regenerierfähigen Quecksilberzellen, für die eine Lebensdauer von 100 Betriebsstunden angegeben ist.

Die Eingangsimpedanz beträgt wahlweise 50 oder 250 Ω, symmetrisch oder unsymmetrisch, der feste symmetrische oder unsymmetrische 600-Ω-Ausgang gestattet den direkten Anschluß von Telefonleitungen, Tonbandgeräten und dergleichen.

Der Leistungsgewinn ist > 85 dB. Bei der durchschnittlichen Ausgangsleistung von 1 mW (Spitzenleistung bis 10 mW) sind keine abgeschirmten Kabel notwendig. Durch eine besondere Gegenkopplung in der Treiber- und Ausgangsstufe arbeitet der Mischverstärker mit einem äußerst geringen Klirrfaktor, zu dem darüber hinaus die Gleichspannungsstabilisierung in der Endstufe beiträgt. Bei 10 dB Aussteuerung ist ein Klirrfaktor von 2,5% angegeben.

Der Frequenzgang ist im Bereich von 100 bis 10000 Hz bis auf 3 dB linear.

Zur Aussteuerungskontrolle sind ein Pegelmesser sowie Kopfhöreranschluß vorgesehen. Der Pegelmesser kann ebenfalls als Batterieprüfer verwendet werden. Beim Arbeiten mit vier Kanälen besteht auch die Möglichkeit, zwei Transistormischverstärker gemeinsam zu betreiben. Das etwa 19 × 5,7 × 8 cm große und 1½ kg schwere Gerät läßt sich in einer Umhängetasche bequem transportieren.

-ep

Interessantes über Fernsehen und UKW-Rundfunk im 6. Fünfjahrplan der Sowjetunion

Der 6. Fünfjahrplan der UdSSR sieht bedeutende Aufgaben für das sowjetische Post- und Fernmeldewesen vor. Eine ganz besonders großzügige Entwicklung und Verbreitung soll das Fernsehen erfahren. Nicht mehr Millionen, sondern Dutzenden von Millionen sowjetischer Menschen in Stadt und Land wird die Möglichkeit eines regelmäßigen Fernsehempfangs geboten sein. Zwischen Moskau, Leningrad, den Hauptstädten der Unionsrepubliken und allen großen Industriezentren sollen die Voraussetzungen für einen Programmaustausch geschaffen werden.

Die Zahl der zur Zeit bestehenden 12 Fernsehzentren in Moskau und Leningrad, Kiew, Minsk, Riga, Tallin, Kalinin, Swerdlowsk, Charkow, Tomsk, Omsk und Wladiwostok soll nach dem vorliegenden Plan bis zum Jahre 1960 auf mindestens 75 erhöht werden (s. Bild). Um dieses Ziel zu erreichen, werden schon in diesem Jahr die neuen Fernsehsender Baku, Taschkent, Wilnjus, Tbilissi, Jerewan, Gorki, Stalino und Stalinogorsk ihren Betrieb aufnehmen, und der Bau weiterer Sender wird in den folgenden Jahren so beschleunigt, daß bis Ende 1958 alle Hauptstädte der Unionsrepubliken und mit ihnen sowohl die großen Industrie- als auch Kulturzentren eigene Fernsehsender besitzen. Auch die berühmten Kurorte Sotschi, Pjatigorsk und Jalta erhalten ihren Fernsehsender, und schließlich ist beabsichtigt, die alten Sendeanlagen in Leningrad und Wladiwostok durch modernere Konstruktionen zu ersetzen.

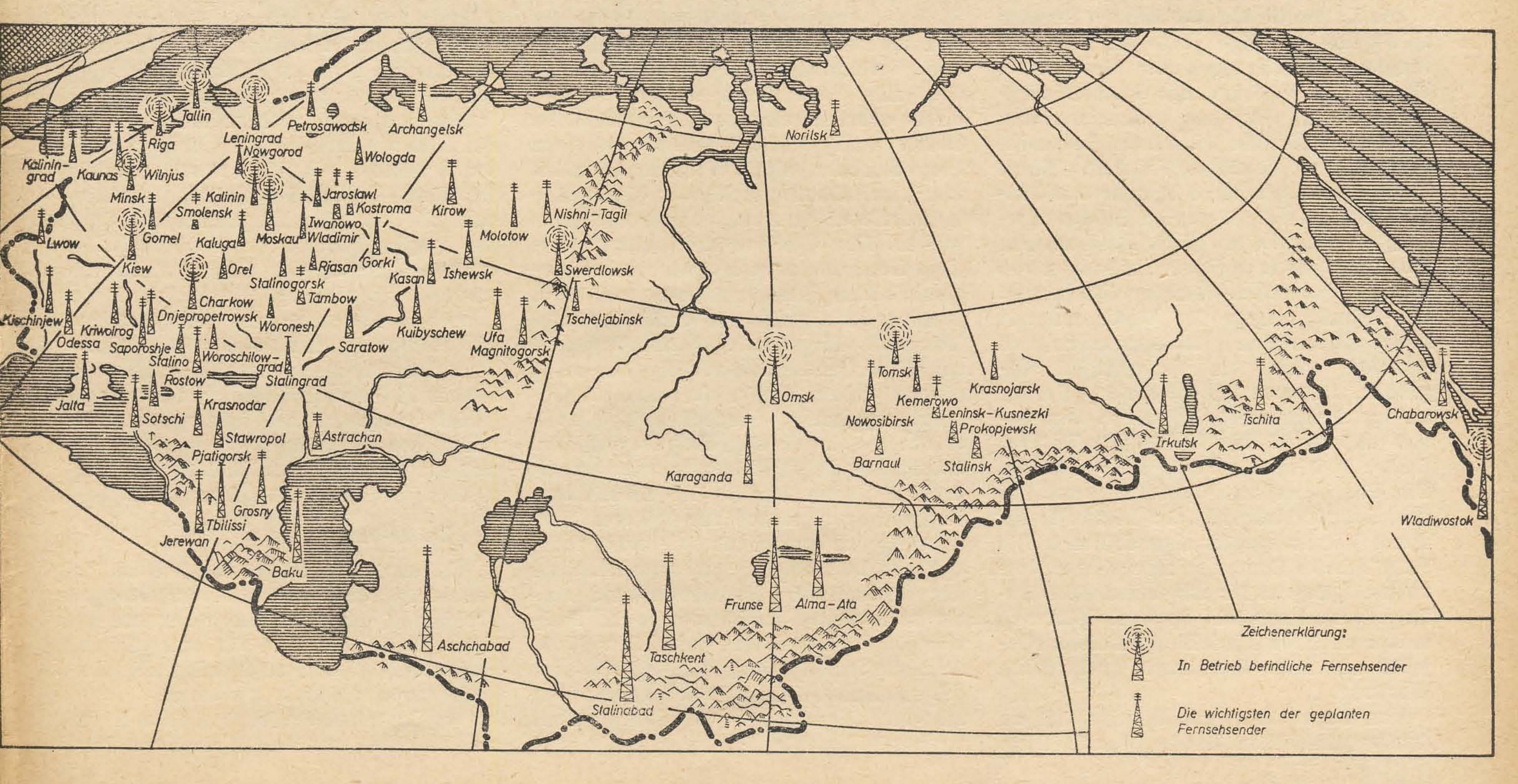
Parallel hierzu wird die Produktion von Rundfunk- und Fernsehempfängern, die in diesem Jahr eine Stückzahl von vier Millionen erreicht, bis 1960 auf zehn Millionen Geräte gesteigert.

Eine grundlegende Rekonstruktion des Moskauer Fernsehstudios, das schon heute zwei Programme sendet, steht bevor. Hier werden neben einem starken Ultrakurzwellensender neue Studios entstehen. Der neue Sendeturm soll mindestens 300 m hoch sein, so daß nach beendetem Umbau im Umkreis von 120 bis 150 km sicherer Fernsehempfang gewährleistet ist.

In diesem Zusammenhang ist eine in der Aprilausgabe des Dokumentations- und Informationsbulletins OIR 1956 veröffentlichte Mitteilung von Interesse. Danach werden die Moskauer Fernsehsendungen zur Zeit in einem Umkreis von 110 bis 120 km sicher empfangen. In diesem Bereich ist die Feldstärke $\geqq 40$ bis 50 μV/m. In einem Senderumkreis von 140 bis 150 km sind bereits die typischen Merkmale des Weitempfangs vorhanden. Die Feldstärke fällt stark ab, die Ausbreitung ist von der Tages- und Jahreszeit abhängig. Auch die Bildauflösung des empfangenen Bildes nimmt ab (etwa 300 bis 350 Zeilen), was in erster Linie auf den kleiner werdenden Signal-Rauschabstand und das Signal-Interferenzverhältnis am Eingang des Empfängers zurückzuführen ist. Die Feldstärke schwankt in diesem Gebiet von 10 bis 100 μV/m, so daß für den Empfang in dieser Entfernung Antennen mit hohem Gewinn und einer scharfen Richtcharakteristik notwendig sind. Innerhalb des Bereiches von 150 bis 170 km vom Sender hat der Empfang überwiegend sporadischen Charakter.

In den Jahren 1956 bis 1958 sollen weiterhin Fernsehnebensender in Betrieb genommen werden, die auch eigene Programme und Filme senden können. Um den Fernsehversorgungsbereich außerdem noch zu erweitern, ist in den Richtlinien des XX. Parteitages der KPdSU zum 6. Fünfjahrplan die großzügige Einführung von Koaxialkabelstrecken sowie die Inbetriebnahme von Richtfunklinien mit einer Gesamtlänge von mindestens 10000 km vorgesehen. Ein verzweigtes Netz von Relaissendern soll von 1957 an über Kabellinien und Richtfunkstrecken kleinere selbsttätige Relaissender modulieren, die mit Sendeleistungen von 20 bis 100 W ein Gebiet im Umkreis von 6 bis 8 km versorgen. Weitere etwa 150 Relaisstationen mit ebenfalls geringer Leistung werden darüber hinaus 100 bis 120 km von Haupt- oder Nebensendern entfernt aufgestellt. Die Kosten einer solchen Anlage werden verhältnismäßig gering sein, der Betrieb wird automatisch gesteuert. Durch diese Maßnahmen werden in dem weiten Gebiet der Sowjetunion nicht nur die Bewohner großer Städte und ihrer Umgebung am Fernsehempfang teilnehmen können, sondern auch die Menschen in vielen tausend Dörfern, die von den großen Sendern weit entfernt liegen — ein Programm also, das die großen Perspektiven dokumentiert, die die sozialistische Gesellschaftsordnung ihren Menschen auch auf kulturellem Gebiet gewährleistet.

Da die Kabel- und Richtfunkstrecken gleichzeitig für den Programmaustausch zwischen den Großsendern sowie für viele Übertragungsaufgaben im Fernmeldewesen ausgenutzt werden können, bringen sie ebensoviele volkswirtschaftliche Vorteile. Der Plan für die Richtverbindungslinien enthält schließlich das Projekt für den Bau einer Dezimeterrichtfunkstrecke



zur Fernsehverbindung der UdSSR mit den Ländern der Volksdemokratie.

Verschiedene vom Projektierungsinstitut des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen der UdSSR auf den Grundlagen der jüngsten Errungenschaften der sowjetischen und internationalen Wissenschaft entwickelte Typenprojekte von Fernsehsendern unterschiedlicher Leistung, Relaisstationen und 180 m hohen Sendetürmen sowie von Fernsehausrüstungen aller Art, an denen ständig weitergearbeitet wird, gewährleisten eine beschleunigte und rationelle Fertigung der neuen Fernsehsender.

Neben der großen kulturellen und politischen Bedeutung wird das Fernsehen auch in der sowjetischen Volkswirtschaft und Wissenschaft wertvolle Dienste leisten. Industrielle Fernsehanlagen sollen hauptsächlich zur visuellen Kontrolle, zur Fernsteuerung und für den weit entwickelten Dispatcherdienst in der Industrie, im Verkehrswesen, in der Energiewirtschaft und bei Versuchsbohrungen in Erdölgebieten eingesetzt werden. In der Wissenschaft werden Fernsehanlagen besonders für die Ausbildung von Medizinstudenten für Operationsübertragungen entwickelt. Ferner wird am Unterwasser- und Farbfernsehen gearbeitet, und man rechnet bereits 1957 mit dem Beginn von Farbfernsehversuchssendungen in Moskau. Das sowjetische Farbfernsehsystem erfüllt die Forderungen nach Kompatibilität.

Wegen der besonderen geografischen Verhältnisse in der Sowjetunion gegenüber den anderen europäischen Ländern arbeiteten die sowjetischen Rundfunksender bisher fast ausschließlich auf Mittel-, Lang- und Kurzwellen nach dem Prinzip der Amplitudenmodulation. Auch auf diesem Gebiet sind im 6. Fünfjahrplan große Aufgaben gestellt. So soll in den Jahren 1956 bis 1960 der UKW/FM-Rundfunk im europäischen Teil der UdSSR eingeführt werden. Hierfür ist der Frequenzbereich von 66,0 bis 72,0 MHz (4,55 bis 4,18 m) reserviert.

Die ersten Vorarbeiten wurden bereits im vergangenen Jahr mit dem Aufbau und der Inbetriebnahme folgender UKW-Sender geleistet:

Moskau	66,875 und 70,375 MHz,
Leningrad	66,875 und 70,375 MHz,
Kiew	68,125 und 71,625 MHz,
Charkow	67,625 und 71,125 MHz,
Riga	67,625 und 71,125 MHz.

Noch in diesem Jahre werden in Swerdlowsk, Minsk, Tallin, Baku, Taschkent und in mehreren Städten der Lettischen, Litauischen und Estnischen SSR UKW/FM-Sender mit Zweiprogrammbetrieb errichtet.

Wohl bestehen zur Zeit noch Mängel auf der Empfängerseite, da UKW-Empfang bisher lediglich mit den Tonteilen der Fernsehempfänger „Temp-2“, „Avangard-55“, „Bjelarusj-2“, „Ssewer“, „Senit“, „Lutsch“, „Ekran“ und „Leningrad-T 2“ möglich ist, wie es auch noch an hochwertigen Mikrofonen und Lautsprechern mit UKW-Qualität mangelt.

Um diese Lücke beschleunigt zu schließen, wird zunächst die Produktion von UKW-Zusatzgeräten und eine Massenproduktion billiger UKW/FM-Empfänger aufgenommen. Dabei wird besonderer Wert auch auf Batterieempfänger für die Ortschaften gelegt, die zur Zeit noch nicht elektrifiziert sind. Die sowjetischen Funkamateure, die bei der Entwicklung der Kurzwellenverbindungen wertvolle Mitarbeit leisteten, wurden auch zur aktiven Mitarbeit bei der Entwicklung des UKW/FM-Rundfunks aufgefordert.

-ep

FERNGELENKTE Raketen

Gekürzte und bearbeitete Übersetzung aus „Radio and Television News“, März 1956 · Übersetzer: Peter Wennrich

In allen industriell fortgeschrittenen Ländern schenkt man der Anwendung der Fernlenktechnik für militärische Zwecke größte Aufmerksamkeit [s. a. RADIO UND FERNSEHEN Nr. 21 (1955) S. 642]. Typisch gerade für die USA ist es aber, daß bei diesem Projekt, das in den folgenden Zeilen geschildert wird, die großen elektronischen Konzerne voll verantwortliche und mitbestimmende Vertragspartner sind. So sind sie in der Lage, mit Hilfe ihrer technisch-militärischen Produktion hohe finanzielle Einnahmen zu erzielen und die weitere Entwicklung der Technik so zu lenken, daß ihr Profit nicht ab-, sondern zunimmt. Solche „Staatsaufträge“ — wobei die imperialistischen Industriemagnaten das Wort Ludwigs XIV. "l'état, c'est moi" (der Staat bin ich) vollinhaltlich für sich in Anspruch nehmen können — sind schon immer für die Industriellen sehr einträglich gewesen, und das Interesse der Imperialisten an der Aufrechterhaltung der politischen Spannungen ist der gefährlichste, aber ganz natürliche Charakterzug dieses Wirtschaftssystems.

Der Titel der Originalarbeit lautet: "Guided missiles maintenance" (Die Wartung ferngelenkter Geschosse). Die sehr allgemeinen, wenig aussagenden Hinweise auf die Art der notwendigen Wartungsarbeiten wurden fortgelassen, da sie unseren Lesern nichts gegeben hätten.

Die Luftwaffe der Vereinigten Staaten spielt eine wichtige Rolle im Entwicklungsprojekt „Ferngelenkte Geschosse“. Es wurden Verträge mit Firmen abgeschlossen, die Geschosse produzieren und Fachleute für die einzelnen Versuchszentren zur Verfügung stellen. Einige Versuchsanlagen für Geschosse mit kleinen Aktionsradien wurden in den Vereinigten Staaten angelegt. Bald wurden diese Anlagen zu klein für Prüfungen von weitreichenden ferngelenkten Geschossen. Um Einrichtungen für Geschosse mit interkontinentalen Aktionsradien zu schaffen, wurde ein Versuchsfeld aufgebaut, das vom Südosten der USA bis zu den Ascension-Inseln reicht. Das Gebiet untersteht den USAF Missile Test Center Patrick Air Force Base, Florida. Die Pan American World Airways hat den Hauptvertrag mit der Luftwaffe für dieses Versuchsgebiet abgeschlossen. Die RCA Service Company als weiteres Vertragsmitglied ist für die technischen Belange verantwortlich. So baut RCA alle entsprechenden Einrichtungen dieses Projekts auf und übernimmt auch deren Wartung.

Von Cape Canaveral (Florida) bis zu den westindischen Inseln (Puerto Rico, St. Lucia) und den Ascension-Inseln ist eine Konzentrierung von elektronischen und Verbindungseinrichtungen vorhanden. Alle Teile dieses Systems tragen direkt oder indirekt dazu bei, verläßliche Daten vom Geschoßabschuß und der Flugbahn zu erhalten. Wenn das Geschoß die Abschußbahn verläßt, beginnt eine ununterbrochene Aufzeichnung von Meßwerten. Das Geschoß steht unter ständiger Kontrolle, sowohl wenn es seine vorgeschriebene Höhe ansteuert, als auch wenn es in die entsprechende Flugbahn übergeht. Eingebaute Fernmeßeinrichtungen senden Signale aus, die Geschwindigkeit, Höhe, Kraftstoffverbrauch, Generatorspannung, Geschoßdrall, Signalstärke des eingebauten Empfängers usw. beinhalten. Diese Meldungen werden sofort am Boden von den Kontrolleinrichtungen angezeigt und zur späteren Verwertung aufgezeichnet. Obwohl fotooptische Instrumente das erste Stadium der Geschoßbahn beobachten und aufzeichnen, tasten Radarimpulse die Position des Geschosses im Raum jederzeit ab. Anzeigevorrichtungen, Rechengeräte und automatische Signalaufzeichner arbeiten zusammen, um genaue Positionsangaben zu ermitteln. Ein extrem genaues und stabiles Zeitsignal vereint die gesamten Einrichtungen zu einem geschlossenen System. Die genauen Zeitimpulse ermöglichen, die aufgezeichneten Daten in Wechselbeziehung zueinander zu bringen. Ein Unterwasser-Kabel mit vielen einzelnen Kanälen — das längste seiner Art in der Welt — verbindet die Tochterstationen mit dem Abschußgelände bei Cape Canaveral (Florida). Durch dieses Kabel werden während des Fluges eines Geschosses gleichzeitig Gespräche, Fernschreiben, Fernmeß- und Zeitsignale sowie Radarergebnisse übertragen. Nachdem das Geschoß durch Kontakt mit seinem Ziel zerstört oder zum Abschußgebiet zurückgekehrt ist, werden die rohen Aufzeichnungen zusammengefaßt und der Luftwaffe und den Geschoßherstellern zur Auswertung übergeben.

Das Radar-Meßsystem

Wie aus dem Blockschaltbild zu erkennen ist, sind zwei Meldevorrichtungen vorhanden, der Zeitimpulsgeber und das Radargerät. Dieses ist für extrem hohe Änderungsverhältnisse (Geschwindigkeitsänderungen) entwickelt worden.

Das Grundprinzip ist ähnlich dem des am Ende des zweiten Weltkrieges ver-

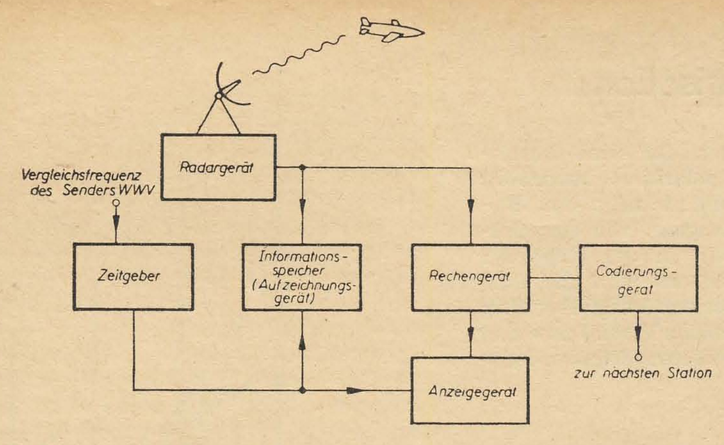


Bild 1: Vereinfachtes Blockschema einer Raketenführungsstation ←

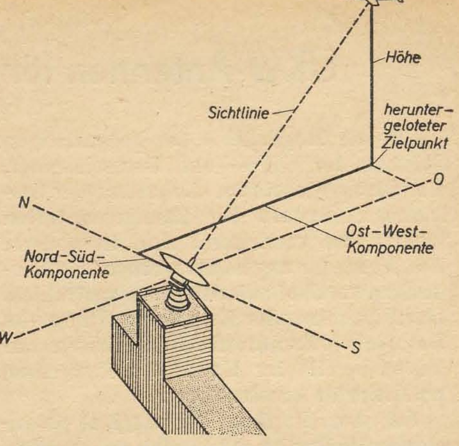


Bild 2: Darstellung des in den amerikanischen Geräten verwendeten Koordinatensystems

wendeten Radarsystems. Viele Verbesserungen haben die Empfindlichkeit erhöht, um das Gerät den Erfordernissen der Überschallgeschwindigkeiten anzupassen. Die Radarantenne, die sowohl zum Senden als auch zum Empfang verwendet wird, besteht aus einen genau geformten Paraboloid, der einen stark gebündelten Strahl aussendet.

Der Strahl bewegt sich infolge eines rotierenden Sendedipols kegelförmig um das Ziel (Geschoß) und ermöglicht das automatische Auffinden und die Korrektur von Gleichlauffehlern. Das Beobachten erfolgt auf drei Bildschirmen (für lange, mittlere und kurze Ablenkzeiten). Dadurch ist es möglich, das Ziel (Geschoß) während des gesamten Vorganges beobachten zu können. Ein Schirmbildübertrager ermöglicht die übliche Aufzeichnung auf Karten. An der Antenne und in den einzelnen Bereichseinschüben befinden sich große Präzisionspotentiometer, die ihre Ausgangsspannung an die Rechengeräte abgeben.

Der Empfänger hat doppelte Zwischenfrequenzverstärker mit verschiedenen Bandbreiten, um stets maximale Auflösung des Schirmbildes und maximale Empfindlichkeit einstellen zu können.

Zeitgebung

Alle aufgezeichneten Daten zur Untersuchung von Geschossen müssen in Beziehung zu einem Zeitnormal gebracht werden. Das Blockschaltbild zeigt, wie die Zeitbasis in die Anzeige- und Aufzeichnungseinrichtungen geleitet wird. Eine genaue Zeitgebung wird auch noch für viele andere Instrumente gebraucht. Das Herz des Zeitgebers von Cape Canaveral ist ein hochstabilisierter und temperaturkompensierter Quarzoszillator mit einer Frequenz von 128 kHz. Der Oszillator wird von der Sendestation WWV synchronisiert. Das 128-kHz-Signal wird durch Frequenzteiler in verschiedene Zeitimpulse umgeformt. Die Frequenz 1 Impuls pro Sek. wird als Zeitbasis benutzt. Diese Zeitcode verbindet alle Stationen. Sie wird mit über das Unterwasserkabel gegeben. Um die Laufzeitdifferenzen zu kompensieren, wird das Zeitsignal einige Millisekunden eher gesendet, so daß es die einzelnen Bestimmungsorte rechtzeitig erreichen kann.

Um die Radarsignale fortlaufend aufnehmen zu können, werden besondere Aufzeichnungsgeräte verwendet. Diese Apparate setzen die Radar- und Zeitsignale entsprechend um und stanzen sie in ein Band, ähnlich den bei Fernschreibern verwendeten Bändern. Die Ausgangswerte der Antenne, Azimut, Erhebung und Entfernung, die in den Signalen enthalten sind, werden elektronisch gespeichert, bis sie in das Band gestanzt werden. Die Speichervorrichtungen sind mit gedruckten Schaltungen aufgebaut.

Das Rechengerät erhält den Potentiometerstellungen im Radarblock entsprechende Gleichspannungen. Diese beinhalten Azimut, Erhebungswinkel und Entfernung. Durch Benutzung dieser Angaben liefert das Rechengerät die vertikale Komponente (Höhe), die Nord-Süd- und die Ost-West-Komponente in Form von entsprechenden proportionalen Gleichspannungen. Bild 5 zeigt die benutzte Methode, einen Punkt im Raum zu bestimmen. Man beachte die drei ausgezogenen Strecken, die die drei Komponenten darstellen. Durch Änderungen der Werte und der Polarität dieser Spannungskomponenten kann jeder Punkt im Raum genau bestimmt werden. Diese Methode wird als die rechtwinklige Koordinatenmethode bezeichnet, bei der keine variablen Winkel vorhanden sind und zur Messung nur die Einheit „Länge" verwendet wird. Diese Spannungen können im Verhältnis zueinander aufgezeichnet, über kurze Entfernungen durch Kabel geleitet oder auch entsprechend umgesetzt über größere Entfernungen gesendet werden.

Der Berechner selbst ist ein elektromechanisches Gerät mit relativ wenig beweglichen Teilen. Die tatsächliche Berechnung wird eingeleitet durch die Potentiometer, die sich an der Radarantenne befinden. Die elektronische Ausstattung des Berechners besteht aus einer Anzahl Gleichspannungsverstärker mit entsprechenden Netzteilen.

Aufzeichnen und Senden der Signale

Eine der großen Vorteile der Kombination Radar-Berechner ist der, daß die Daten sofort zur Verfügung stehen und ausgewertet werden können. Dies bedeutet, daß während der automatischen Aufzeichnung die Bahn des Geschosses ohne jede Verzögerung laufend verfolgt werden kann. Um die Wirkung der Fernsteuerung beobachten zu können, sind diese Eigenschaften sehr wertvoll. Im Schreibgerät wird die Bahn des Geschosses aufgezeichnet. Weitere Federn zeichnen die Flughöhe und die Zeitimpulse auf die Karte. Die Verstärker zum Antrieb der Federn sind Hochleistungs-NF-Verstärker. Die Ergebnisse des Radargerätes einer Station werden auch von den anderen Stationen benötigt. So kann ein anderes Radargerät schon vorher auf die Position des Geschosses eingestellt werden, ehe es dessen Bereich erreicht. Auf diese Art wird das Geschoß von Station zu Station „weitergegeben", ohne daß die Radarverbindung abreißt. Um die notwendigen Informationen, die in den drei Spannungs-

(Fortsetzung auf Seite 466)

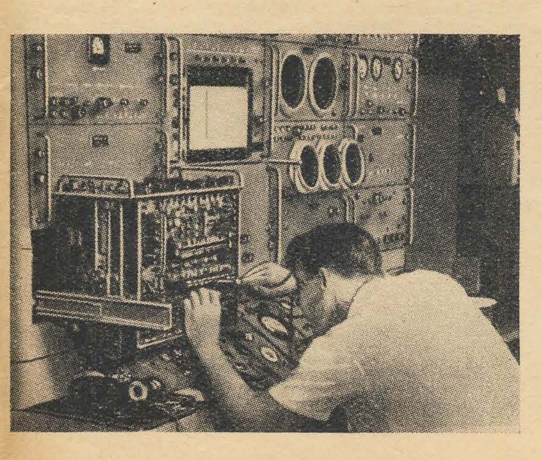
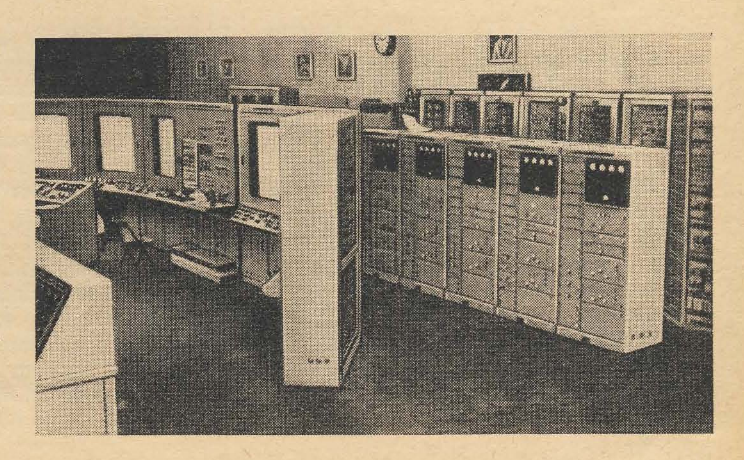


Bild 3: Zur Wartung und Reparatur der Einschübe kann das Gerät auf Gleitschienen aus dem Gestell gezogen werden und wird dann um 90° nach oben geklappt, so daß sofort der Verdrahtungsraum zugängig ist

Bild 4: Blick in den zentralen Kontroll- und Kommandoraum einer Raketenleitstation. Links Anzeigegeräte, weiter rechts Rechen- und Bedienungsgeräte



UKW-Antennen für vertikale Polarisation

Um die Möglichkeit der gegenseitigen Störung der UKW- und Fernsehsender, die durch die stetige Zunahme der Belegung innerhalb der Bänder eintreten könnte, zu verringern, sind in neuerer Zeit Versuche angestellt worden, die Sendungen vertikal polarisiert auszustrahlen. Der Fernsehsender Kreuzburg, Rhön, des Bayrischen Rundfunks beispielsweise arbeitet bereits im Kanal 3 mit vertikal polarisierter Ausstrahlung.

Für den Empfang der vertikal polarisierten Wellen ist es lediglich erforderlich, die Antennen in der vertikalen Ebene, das heißt parallel zum Antennenmast, anzuordnen. An den Empfangsgeräten und Verstärkern sind keinerlei Veränderungen vorzunehmen.

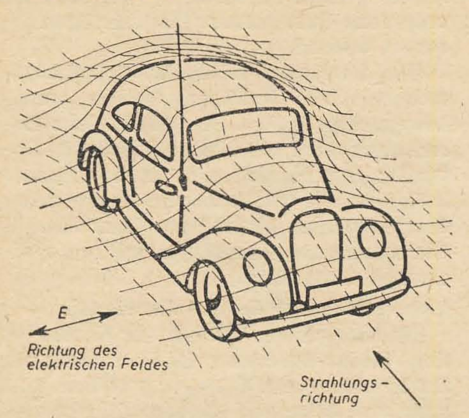
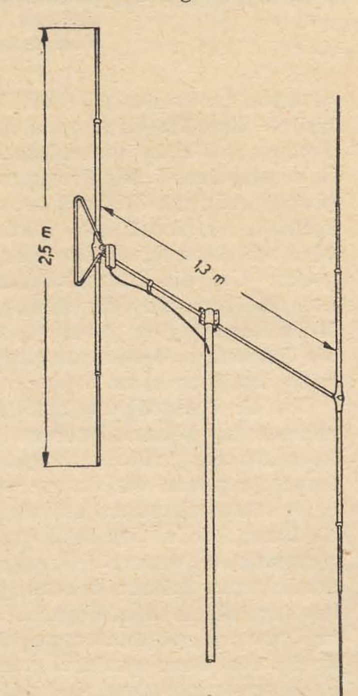


Bild 1: Feldverzerrung in der Nähe der Metallkarosserie eines Kraftwagens

den zweiten Sender, der seine Darbietungen horizontal polarisiert ausstrahlt, zur Folge hat. Bild 1 zeigt am Beispiel eines Kraftwagens, wie das elektromagnetische Feld in der Nähe der Karosserie stark verzerrt wird und statt in einer Ebene, glockenförmig über dem Fahrzeug liegt. Ähnliche Verhältnisse sind auch in und an Stahlbetongebäuden denkbar. Die Verzerrung des Feldes kann zur Drehung der Polarisationsebene führen.



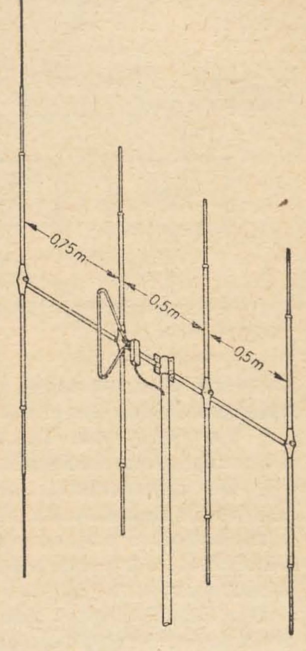


Bild 4: Wie Bild 3, jedoch zusätzlich mit 2 Direktoren

←

Bild 3: Vertikal polarisierte Empfangsantenne für Kanal 3 (Dipol mit Reflektor)

Das Vertikalsystem bringt gegenüber der Horizontalpolarisation einige Nachteile mit sich. Bei der horizontal polarisierten Dipolanordnung stehen Dipolelemente und Tragmast zueinander senkrecht, sie sind also hinreichend gegeneinander entkoppelt, außerdem ist weder Erde noch ein Gegengewicht erforderlich. Bei Vertikalantennen dagegen besteht immer die Möglichkeit, daß durch Kopplung der parallel mit dem Tragrohr verlaufenden Dipolelemente sogenannte Mantelwellen sowie Gleichtaktwellen auf den in den meisten Fällen ebenfalls parallel zu den Dipolelementen verlaufenden symmetrischen Speiseleitungen auftreten. Es gelingt kaum, diese Erscheinung auf einem breiten Frequenzband völlig zu kompensieren.

Weiterhin sei auch darauf hingewiesen, daß ein vertikal orientiertes Antennensystem nicht unbedingt eine Trennung auf der Empfangsseite von einem etwa auf der gleichen Frequenz arbeitenden zweiten Sender ...

Die häufig geäußerte Ansicht, daß die von der Dipolanlage aufgenommene Spannung um so größer ist, je höher die Antenne über ihre Umgebung hinausragt, ist nur im Flachland unbedingt richtig. Im allgemeinen kann man sagen, daß ein Dipol um so mehr Spannung liefert, je höher er steht. In vielen Fällen konnte aber durch Messungen einwandfrei festgestellt werden, daß in einer bestimmten Höhe die größte Spannung aufgenommen wurde, die bei einer noch größeren Höhe wieder abnahm. Der Versuch einer Erklärung dieser eigenartigen Erscheinung wurde in Bild 2 gemacht. Die von einem UKW-Sender ausgehenden Wellenzüge werden durch einen Bergrücken gebeugt und auf dem Kamm des Berges zusammengedrängt. In der Nähe des Kammes erfaßt daher nicht die höchste Antenne die Fläche mit der größten Energiedichte. Das gilt sowohl für vertikale wie für horizontale Polarisation.

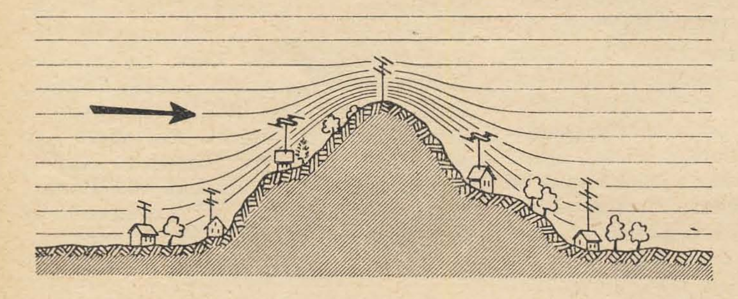


Bild 2: Zusammendrängung der Feldlinien über dem Kamm eines Bergrückens

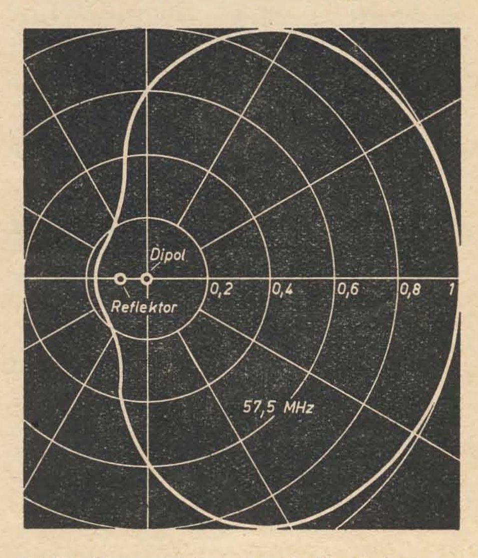
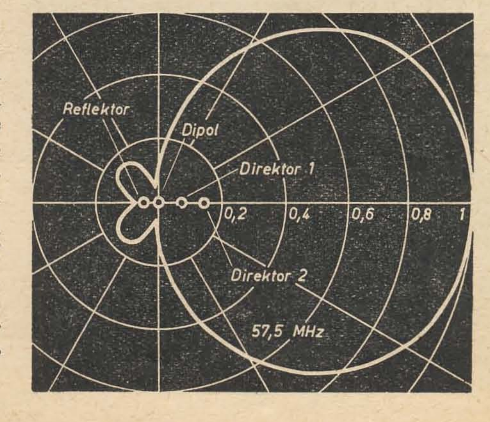


Bild 5: Horizontaldiagramm der Vertikalantenne mit Reflektor (nach Bild 3)

Bild 6: Horizontaldiagramm der Vertikalantenne mit Reflektor und 2 Direktoren (nach Bild 4)



Beim Aufbau von Antennenanordnungen für vertikale Polarisation sind einige besondere Maßnahmen zu beachten: So ist zum Beispiel die Niederführung, gleichgültig ob es sich um eine Bandleitung oder ein Koaxialkabel handelt, vom Anschluß am Dipol waagerecht entlang dem Abstandsrohr bis zum Standrohr zu verlegen (siehe Bilder 3 und 4). Diese Maßnahme hat den Zweck, das Auftreten der oben erwähnten Mantelwellen auf dem Kabel auszuschließen, weil auf diese Weise durch die lotrechte Anordnung für eine gute Entkopplung von Antennenelementen und Niederführung gesorgt ist. Die Niederführung wird dann am besten innerhalb des Standrohres verlegt, so daß von ihr keine Strahlung aufgenommen werden kann.

Bilder 3 und 4 zeigen von Kathrein, Rosenheim (Oberbayern), entwickelte Dipolanordnungen für vertikale Polarisation. Die dazugehörigen Horizontaldiagramme sind in den Bildern 5 und 6 dargestellt. Es handelt sich bei diesen Antennen um schwach verkürzte Dipole mit Reflektor bzw. Reflektor und zwei Direktoren für das Band I, Kanal 3 (Mittelfrequenz 57,5 MHz). Zwischen den Dipolstäben und der davon abgehenden Antennenleitung ist der $\lambda/4$-Anpassungstransformator zu erkennen, der den verhältnismäßig niedrigen Fußpunktwiderstand der Anordnung auf 240 Ω transformiert. Der Antennengewinn wird mit 3,5 bzw. 6 dB und das mittlere Vor-Rückverhältnis mit 10 bzw. 18 dB angegeben.

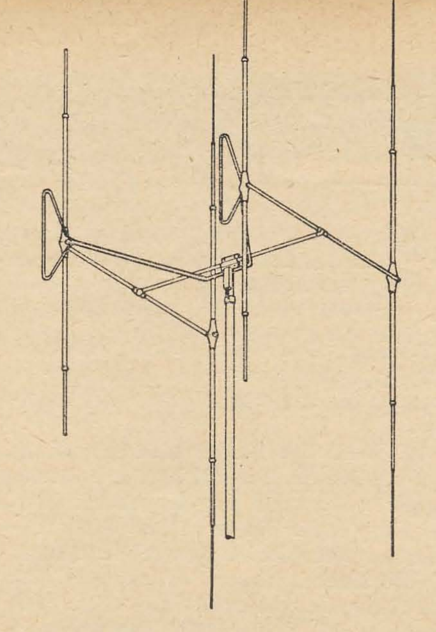


Bild 7: Vertikal polarisierte Antenne für Weitempfang im Kanal 3

Eine für Weitempfang entwickelte Antennenanordnung für vertikale Polarisation zeigt Bild 7 (Kathrein). Es handelt sich hierbei um eine Zweiebenenantenne, bei der jede Ebene einen schwach verkürzten Dipol mit Reflektor enthält. Der Anpassungswiderstand ist wieder 240 Ω, der Antennengewinn beträgt 6,5 dB und das Vor-Rückverhältnis 10 dB. *tae-*

Maßangaben für UHF-Antennen

Die in der Tabelle 1 zusammengestellten Angaben können bei der Konstruktion von UHF-(Dezi-)Antennen wie Yagis, Flügelantennen mit Stabreflektor bzw. Flach- oder Winkelschirmreflektor benutzt werden. Da im UHF-Bereich die Antennen ein etwas breiteres Band haben und die Längenunterschiede der Elemente klein sind, ist die Tabelle

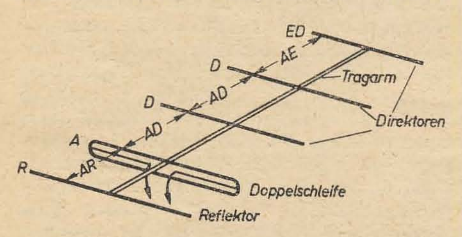


Bild 1: Fünf-Element-Yagiantenne

in Viertelzollschritten aufgebaut (1″ = 25,4 mm). In vielen Fällen bestreichen die Antennen sogar zwei bis fünf Kanäle. Wie Bild 1 zeigt, geben die Zahlen der Tabelle die Gesamtlängen der Doppelschleife A, des Reflektors R und der Direktoren D und ED sowie deren Abstände an.

Vier- oder Fünf-Elemente-Yagis geben einen so hohen Antennengewinn, daß sie für mehrere nebeneinanderliegende Kanäle zu verwenden sind. Durch sechs bis zehn Elemente wird ein noch höherer Antennengewinn erzielt. Am wirkungsvollsten sind die Antennen jedoch nur in dem Kanal, für den sie ausgelegt sind, wobei auch noch die Stellung der Antenne sehr kritisch ist.

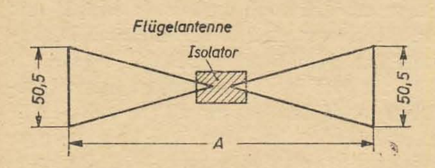
Beim Bau der UHF-Antennen ist zu beachten, daß alle Direktoren mit Ausnahme des letzten, der etwas kürzer ist (Spalte ED), die gleichen Abmessungen haben (Spalte D). Der Abstand des Enddirektors (Spalte AE) von dem vorhergehenden Direktor ist größer als die Abstände der anderen Direktoren (Spalte AD).

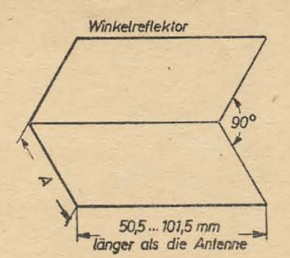
Bei Ultrakurzwellen wird der maximale Antennengewinn erreicht, wenn der Abstand des Reflektors von der Antenne 0,15 λ und der des Direktors 0,1 λ beträgt. Da hier dieselben Grundelemente auch für den UHF-Bereich benutzt werden sollen, sind die Abstände, die in der Tabelle angegeben sind, etwas größer gewählt, um die Kapazität zwischen den einzelnen Elementen zu verringern und die Impedanz der Antenne zu erhalten. Es wird empfohlen, die Doppelschleife zu verwenden. Als Werkstoff eignet sich Aluminium- oder Kupferrohr mit einem Durchmesser von etwa 6 bis 8 mm. Der Abstand der Dipolleiter soll nicht größer als der Durchmesser des verwendeten Rohres sein und der Tragarm aus Metall bestehen. Letzterer verbindet leitend den Reflektor, alle Direktoren und die Dipolleiter. Es ist darauf zu achten, daß die einzelnen Elemente möglichst genau in ihrer Mitte am Tragarm befestigt werden. Die Schmetterlingsantenne kann jeden UHF-Kanal aufnehmen, dessen Wellenlänge kleiner ist als die, für welche die Antenne bemessen ist. So kann zum Beispiel eine Antenne für den Kanal 14 alle Kanäle bis 83 unter der Voraussetzung aufnehmen, daß die ausgestrahlte Energie der entsprechenden Sender ausreichend und die Antenne genau ausgerichtet ist. Die Flügelantenne hat jedoch in jedem Fall einen geringeren Antennengewinn als der Yagi. Die Längenangaben der Tabelle 1 gelten auch für Bild 2. Die Flügelantenne wird auf einen Isolator montiert, während die offenen, inneren Enden der Doppelschleife im Bild 1 nicht besonders isoliert werden.

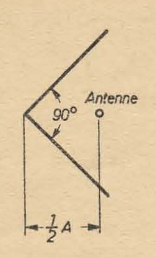
Tabelle 1

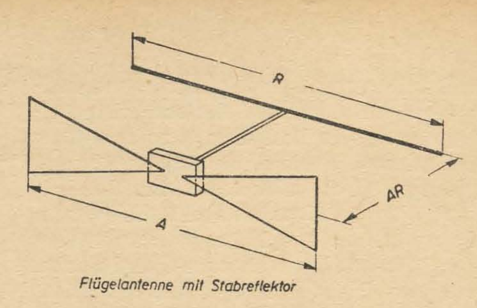
Kanal	Frequenz in MHz (λ = 32 ... 60 cm)	Abmessungen in mm						
		R	A	D	ED	AR	AD	AE
14	500	317	304	292	279	152	127	177
15	520	311	298	285	260	146	120	171
16, 17	540, 550	304	292	279	254	139	114	165
18	560	298	285	273	247	135	114	158
19, 20	580, 590	292	279	266	241	127	114	152
21, 22	600, 610	285	273	260	234	127	114	152
23, 24, 25	620 (je 7 MHz)	279	266	254	228	127	101	152
26	640	273	260	247	222	127	101	152
27, 28, 29	660 (je 7 MHz)	266	254	241	215	120	101	139
30, 31	680, 690	260	247	234	209	120	95	139
32, 33, 34	700 (je 7 MHz)	254	241	228	203	120	88	139
35, 36, 37	720 (je 7 MHz)	247	234	222	196	114	88	133
38, 39, 40	740 (je 7 MHz)	241	228	215	190	114	88	133
41, 42, 43	760 (je 7 MHz)	234	222	215	190	107	82	120
44, 45, 46	780 (je 7 MHz)	228	215	209	190	107	82	120
47, 48	800, 810	222	209	203	184	101	82	114
49 ... 53	820 (je 4 MHz)	215	203	196	184	101	76	114
54, 55, 56	840 (je 7 MHz)	209	196	190	177	88	76	101
57 ... 61	860 (je 4 MHz)	203	190	184	171	88	76	101
62, 63, 64	880 (je 7 MHz)	196	184	177	165	88	69	101
65 ... 70	900 (je 3 MHz)	190	177	171	158	88	69	101
71 ... 75	920 (je 4 MHz)	184	171	165	158	82	63	95
76 ... 81	940 (je 3 MHz)	177	165	158	152	82	63	95
82, 83	960, 970	171	158	152	152	76	63	88

Bild 2: Abmessungen für die Flügelantenne sowie Schirm- und Stabreflektor









Wenn man die Antenne zweistöckig macht, erhöht sich der Antennengewinn um etwa 3 dB, wobei die Anzahl der Elemente jeweils verdoppelt werden muß. Der Abstand der Etagen ist gleich der Länge der Doppelschleife (Spalte A).

Beispiele:

1. Es soll ein Sechs-Elemente-Yagi nach Bild 1 mit vier Direktoren für Kanal 28 gebaut werden. Aus der Tabelle ergeben sich für die Elemente folgende Längen: Reflektor 266 mm, Doppelschleife 254 mm, die drei darauf folgenden Direktoren je 241 mm und Enddirektor 215 mm. Der Abstand zwischen Reflektor und Doppelschleife ist 120 mm, der zwischen Doppelschleife und dem ersten Direktor sowie den zwei folgenden je 101 mm. Der Abstand zwischen dem vorletzten und dem Enddirektor ist 139 mm.

2. Es soll eine Schmetterlingsantenne mit Winkelschirmreflektor nach Bild 2 angefertigt werden, welche die Kanäle 14, 26 und 30 bestreicht. Nach dem Vorhergesagten wird die Antenne für den niedrigsten Kanal bemessen und ist nach Spalte A 304 mm lang. Der Winkelreflektor wird aus zwei Schirmen von je 304 × 406 mm zusammengesetzt. Der Abstand der Schmetterlingsantenne von der Scheitelkante des Schirmes beträgt 152 mm.

Hinweise für die Installation von UHF-Antennen

1. Montiere die Antenne mindestens 2 m entfernt von Metalldächern, metallenen Dachrinnen oder anderen metallenen Gegenständen.
2. Benutze hochwertige, verlustarme Abstandshalter. Befestige die Antennenableitung nie direkt am Mast.
3. Verwende hochwertige Ableitungen (zum Beispiel Zweileiterrohrleitung oder die neuartige UHF-Offendrahtleitung). Bleibe genügend weit von parallel laufenden Regengossen und Leitungen entfernt.
4. Mache die Zuleitung von der Antenne zum Empfänger so kurz wie möglich. Lasse niemals eine Schleife vor dem Antennenanschluß des Empfängers liegen.
5. Wenn eine Rohrleitung benutzt wird, dichte die Leitung am oberen Ende gegen das Eindringen von Wasser ab und bringe unten vor der Einführung einige Abflußlöcher an.
6. Um ständig gleichbleibende Antennenverhältnisse zu erzielen, überziehe die gesamte Antenne mit einer dünnen Isolierlackschicht.
7. Suche, wenn möglich, bei der Montage den empfangsgünstigsten Platz für die Antenne.
8. Richte die Antenne sorgfältig auf besten Empfang aus (besonders bei Yagiantennen).
9. In hügeligem Gelände kann oft durch Schrägaufwärtsstellen des Antennensystems die Empfangsstärke erhöht werden.
10. Wenn der Sender mehr als 35 km entfernt ist und nur mit kleiner Leistung sendet, oder wenn der Konverter bzw. der Empfänger Fehler hat, ist der UHF-Empfang schwach. Untersuche zunächst die Möglichkeit dieser Fehlerquellen, ehe das Antennensystem für den schlechten Empfang als Fehlerquelle herangezogen wird.
11. Wickle versuchsweise um die Zuleitung in der Nähe des Empfänger- oder Konvertereinganges eine etwa 20 cm breite Stanniol- oder Aluminiumfolie. Durch Hin- und Herschieben dieser Wicklung lassen sich eventuell einige Frequenzen besser abstimmen (bei UHF-Offendrahtleitung nicht anzuwenden).
12. Wenn die Sender auf der Empfängerskala wandern, prüfe die Mischdiode im Konverter oder die Oszillatorröhre im Empfänger. *-t. t.-*

Aus Radio-Electronics November 1954

Lohn- und Gehaltshöhe bei Vertretungen

Bei Vertretungen, die infolge Arbeitsunfähigkeit, Teilnahme an Schulungen oder Kursen bzw. für die Dauer des Erholungsurlaubes von Werktätigen notwendig sind, handelt es sich in der Regel um die vertretungsweise, also vorübergehende Ausführung einer höher zu bewertenden Tätigkeit. Da stets der Grundsatz zu beachten ist, daß jeder Werktätige einen seinen Fähigkeiten und Kenntnissen entsprechenden Arbeitsplatz ausfüllen soll, werden auch in solchen Fällen qualifizierten Arbeitskräften nach Möglichkeit keine niederen Arbeiten zugewiesen. Darüber hinaus verbietet der § 14 der Verordnung über die Wahrung der Rechte der Werktätigen grundsätzlich die Beschäftigung qualifizierter Arbeiter der Lohngruppen V und höher mit Hof-, Aufräumungs- oder Transportarbeiten, mit Ausnahme von Notfällen (Unfälle, Naturereignisse, höhere Gewalt usw.).

Muß ein Werktätiger vorübergehend die höher zu bewertende Tätigkeit eines Kollegen ausüben, so wird mit Recht die Frage gestellt, welche Vergütung ihm für die Zeit der Vertretung zusteht. Antwort auf diese Frage geben die Bestimmungen der §§ 13, 14, 15 und 16 der Verordnung über die Wahrung der Rechte der Werktätigen.

Für die Vertretung eines Arbeiters durch einen Arbeiter gelten die Vorschriften des § 13, in dem es heißt: „Arbeiter, die vorübergehend Arbeiten in einer höheren Lohngruppe ausführen, erhalten für diese Zeit die Entlohnung der höheren Lohngruppe". Die Anwendung dieser Bestimmung ist nicht von irgendwelchen Voraussetzungen abhängig. So ist es belanglos, ob die vorübergehende Übernahme der höher zu bewertenden Tätigkeit infolge Krankheit, eines Urlaubes, einer Kündigung usw. eines Arbeitskollegen erforderlich ist. Nicht unerwähnt sei die Vorschrift des § 15 der erwähnten Verordnung. „Wird ein Arbeiter, der im Leistungs- oder Akkordlohn arbeitet, vorübergehend mit hochqualifizierten Arbeiten beschäftigt, die nur im Zeitlohn durchgeführt werden können, so erhält er für diese Zeit mindestens seinen bisherigen Durchschnittsverdienst." Hierbei ist die Betonung auf das Wort „mindestens" zu legen. Ist der Zeitlohn für die vorübergehend auszuführenden hochqualifizierten Arbeiten höher als der bisherige Durchschnittsverdienst des Vertretenden, dann ist dieser höhere Zeitlohn zu zahlen.

Läßt sich der Grundsatz, jeden Werktätigen mit Arbeiten zu beschäftigen, die seinen Kenntnissen und Fähigkeiten entsprechen, aus betrieblichen Gründen einmal nicht einhalten, ist arbeitsrechtlich der Absatz 2 des § 13 der Verordnung maßgebend. Nach diesem ist Arbeitern der Lohngruppen I bis IV, die vorübergehend mit Arbeiten einer niedrigeren Lohngruppe beschäftigt werden, der bisher zustehende Lohn für die Dauer von 14 Tagen weiterzuzahlen. Bei längerer Zeit als 14 Tagen handelt es sich um eine Veränderung des Arbeitsrechtsverhältnisses, für das eine Änderungskündigung erforderlich ist.

Für den Fall der Vertretung eines Angestellten durch einen anderen Angestellten gelten die Bestimmungen des § 18 der erwähnten Verordnung. Hierbei spielt es keine Rolle, ob es sich um technische, kaufmännische oder sonstige Angestellte handelt. Wird einem Angestellten bei einer Vertretung, Abordnung, Versetzung usw. eine höher zu bewertende Tätigkeit übertragen, so hat er Anspruch auf eine Leistungszulage, sofern die Vertretung länger als einen Monat dauert. Die Höhe der zu zahlenden Leistungszulage ist in der Verordnung nicht festgelegt, ihre Festsetzung ist der Betriebsleitung überlassen. Das den Werktätigen zustehende Mitbestimmungsrecht bedingt, daß die Festlegung im Einvernehmen mit der BGL zu erfolgen hat. Bei der Festlegung der Zulage ist von dem Grundsatz auszugehen, daß die Entlohnung entsprechend den Arbeitsleistungen zu erfolgen hat. Besteht nach diesen Voraussetzungen ein Anspruch auf die Zulage, so ist sie vom Beginn des Monats zu gewähren, der der Übertragung der höher zu bewertenden Tätigkeit folgt. Sie ist bis zum Schlusse des Monats zu zahlen, in dem die Vertretung endet. Erfolgt die Ausführung der höher zu bewertenden Tätigkeit vom 5. August bis zum 6. September, so ist die Zulage demnach für die Zeit vom 1. September bis 30. September zu zahlen.

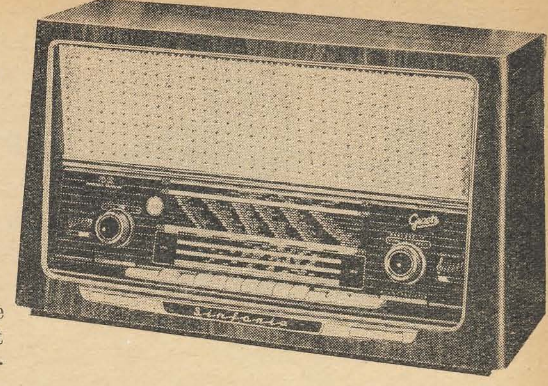
Wie bereits erwähnt, betrifft dieser § 18 nur die Fälle, in denen einem Angestellten vorübergehend die Ausübung einer höher zu bewertenden Tätigkeit übertragen wird, nicht jedoch auch die Fälle, in denen ein Arbeiter in Vertretung die Tätigkeit eines Angestellten übernimmt. Es würde jedoch eine Härte bedeuten, die Arbeiter von dieser Vergünstigung des § 18 auszuschließen.

Es wird deshalb in der Literatur die Meinung vertreten, daß der § 18 auch dann sinngemäß anzuwenden ist, wenn etwa ein Vorarbeiter einen Meister vorübergehend vertritt.

Besonders zu beachten ist, daß die Bestimmungen des § 18 bei Urlaubsvertretungen keine Anwendung finden. *kl-.s*

WERNER TAEGER

Die neuen Rundfunkempfänger von GRAETZ



Graetz-Spitzensuper „Sinfonia"

Die Rundfunkempfängerindustrie ist bestrebt, bei den neuen Typen auch unter ungünstigen Empfangsbedingungen und mit einfachen Dipolanordnungen einen guten UKW-Empfang sicherzustellen. Man steht auf dem Standpunkt, daß es billiger ist, einen Empfänger für schwierige Empfangsgegenden „UKW-sicher" zu machen, als eine komplizierte und sehr teure Antennenanlage zu entwickeln.

Graetz rüstet seine Rundfunkgeräte — auch die der niedrigen Preisklasse — mit einer UKW-Vorstufe in Zwischenbasisschaltung (erstes System der ECC 85) aus. Die Eingangsschaltung des 8/13-Kreis-UKW-Spitzensupers „Sinfonia" ist im Bild 1 schematisch dargestellt. Durch einen kapazitiven Spannungsteiler C_1—C_2 ist ein zwischen Gitter (A) und Katode (B) liegender Punkt der Gitterkreisspule L_g an Masse gelegt. Bezeichnet man das Spannungsteilerverhältnis

$$k = \frac{C_1}{C_1 + C_2}, \qquad (1)$$

so gilt für die Verstärkung der Zwischenbasisstufe

$$V_{ZB} = -\frac{k + \mu + (k-1) \cdot Y_{g/a} \cdot R_i}{1 + R_i/R_a + R_i(Y_{g/a} + Y_{a/e})}. \qquad (2)$$

Hierin bedeuten μ die Spannungsverstärkung der Röhre (57 für die ECC 85), R_i den Innenwiderstand (9,7 kΩ), $Y_{g/a}$ den Rückwirkungsleitwert ($c_{g/a} \approx 1{,}5$ pF), R_a den Außenwiderstand und $Y_{a/e}$ den Leitwert zwischen Anode und Masse. Der Arbeitszustand der Triode ist durch den Wert von k charakterisiert. Wählt man beispielsweise $k = 1$, so ist nach Gleichung (1) $C_2 = 0$, das heißt, es liegt eine reine Gitterbasisschaltung vor (siehe auch Bild 2a). Im anderen Grenzfall, $k = 0$, muß nach Gleichung (1) $C_1 = 0$ (oder $C_2 = \infty$) werden. Wie man für diesen Fall Bild 2b entnimmt, handelt es sich jetzt um eine reine Katodenbasisschaltung. Interessant ist dabei der Einfluß des Rückwirkungsleitwertes $Y_{g/a}$ auf die Verstärkung. Für die GB-Schaltung mit $k = 1$ ist die Verstärkung nach Gleichung (2)

$$V_{GB} = \frac{1 + \mu}{1 + R_i/R_a + R_i \cdot Y_{g/a}}. \qquad (3)$$

(Der Leitwert $Y_{a/e}$ verschwindet, das negative Vorzeichen ist bedeutungslos). Für die KB-Schaltung mit $k = 0$ ist dagegen

$$V_{KB} = -\frac{\mu - Y_{g/a} \cdot R_i}{1 + R_i/R_a + R_i(Y_{g/a} + Y_{a/e})}. \qquad (4)$$

Im Falle der KB-Schaltung ist der starke Einfluß des Rückwirkungsleitwertes auf die Verstärkung bemerkenswert; die Spannungsverstärkung μ wird um das Produkt $Y_{g/a} \cdot R_i$ verkleinert. Bei der GB-Schaltung ist der Einfluß von $Y_{g/a}$ wesentlich geringer, der Rückwirkungsleitwert erscheint hier nur im Nenner der Gleichung (3).

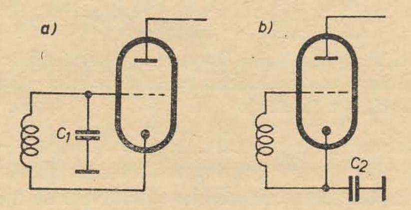


Bild 2: a) GB-Schaltung b) KB-Schaltung

Aus Gründen einer optimalen Rauschanpassung [siehe auch RADIO UND FERNSEHEN Nr. 10 (1956) S. 311, „Die Geräuschzahl bei Rauschanpassung des Empfängers an die Antenne"] wählt man nicht die reine GB-Schaltung. Für Werte von k zwischen 0 und 1 (die also die ZB-Schaltung ergeben) läßt sich die Rückwirkung durch Einbau eines festen Neutralisierungskondensators $C_n = 3$ pF (im Bild 1) noch gut beherrschen und trotzdem eine minimale Rauschzahl erreichen. In der vorliegenden Schaltung wurde mit $C_1 = 20$ pF und $C_2 = 22$ pF das Spannungsteilerverhältnis $k = \frac{20}{42} = 0{,}48$ gewählt.

Setzt man alle Werte in Gleichung (2) ein und nimmt $R_a \approx 4$ kΩ sowie $Y_{a/e} \approx 0$ an, so ergibt sich für die Verstärkung der Zwischenbasisstufe mit

$$Y_{g/a} \approx \omega \cdot c_{g/a} = 2\pi \cdot 10^8 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-12} = 0{,}001 \text{ S} = 1 \text{ mS für 100 MHz}$$

und damit

$$V_{ZB} = (-)\frac{0{,}48 + 57 - 0{,}52 \cdot 1 \cdot 9{,}7}{1 + 2{,}43 + 9{,}7 \cdot 1} = 4$$

ohne Neutralisation. Bei exakt durchgeführter Neutralisierung durch C_n liegt die Verstärkung etwa beim doppelten Wert hiervon (rund achtfach). Bei einer reinen GB-Schaltung, die aber wegen der schlechteren Rauscheigenschaften ungünstig ist, ergibt sich nach Gleichung (3)

$$V_{GB} = \frac{1 + 57}{1 + 2{,}43 + 9{,}7 \cdot 1} = 4{,}5.$$

Bei der klassischen KB-Schaltung wäre dagegen die Verstärkung nach (4)

$$V_{KB} = -\frac{57 - 1 \cdot 9{,}7}{1 + 2{,}43 + 9{,}7 \cdot 1} = -3{,}6.$$

Das zweite System der ECC 85 dient als kombinierte Misch- und Oszillatorröhre (Bild 3). Insbesondere ist der Oszillator so ausgelegt, daß die verschärften Störstrahlungsbedingungen der Post mit Sicherheit eingehalten werden. Insgesamt besitzt der Empfänger „Sinfonia" acht Röhren, einen zweistufigen ZF-Verstärker (2 × EF 89) und zwei NF-Stufen [E(AB)C 80 und EL 84]. Zur Unterdrükkung des Rauschens beim Abstimmen ist ein feldstärkeabhängiger Rauschsupressor eingebaut; die Bandbreiteregelung wirkt auf zwei ZF-Bandfilter.

Durch die Entwicklung des Schallkompressors, eines neuartigen Abstrahlsystems, wurde eine weitere Verbesserung der akustischen Wiedergabe erzielt. Dieses Schallabstrahlverfahren verwendet ein Druckkammersystem hohen Wirkungsgrades und zwei zusätzliche Metallrohrstrahler. Die erwähnten Abstrahlrohre, die an Stelle des im normalen Rundfunkempfängergehäuse schlecht unterzubringenden Exponentialtrichters verwendet werden, und die Membranefläche des Antriebssystems sind durch die Druckkammer verbunden. Durch die Geschwindigkeitstransformation ergibt sich eine Vergrößerung des akustischen Strahlungswiderstandes der Membrane proportional dem Quadrat des Flächenverhältnisses Membrane zu Rohrende und damit eine Verbesserung gegenüber normalen Lautsprechern. Da

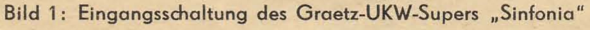
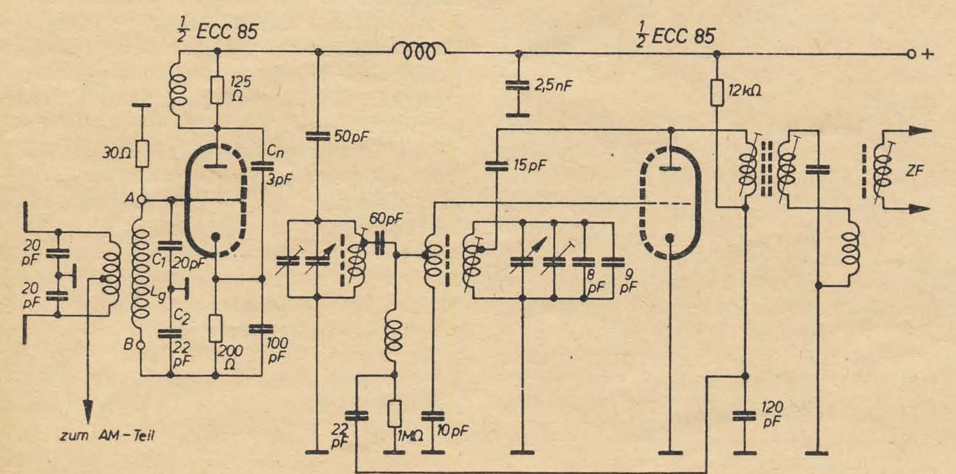


Bild 1: Eingangsschaltung des Graetz-UKW-Supers „Sinfonia"



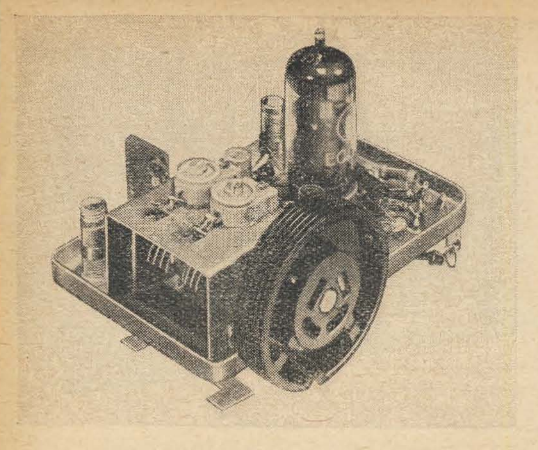


Bild 3: UKW-Baustein des „Sinfonia"

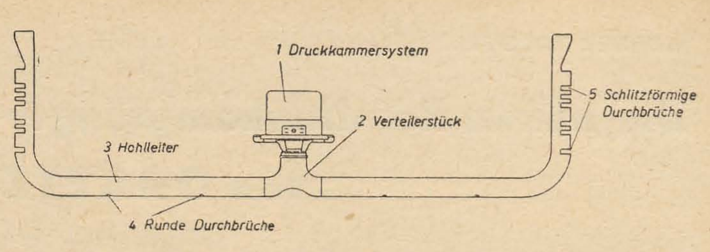


Bild 4: Schallkompressor (Rohrführung)

der Massenwiderstand trotzdem klein bleibt, wird der elektroakustische Wirkungsgrad erhöht. Die Kopplungsverluste sind ja die Hauptursache dafür, daß der Lautsprecherwirkungsgrad bei herkömmlichen Anordnungen so schlecht ist. In den zwei symmetrischen Metallrohrstrahlern wird außerdem eine Laufzeitverzögerung herbeigeführt und dadurch in Verbindung mit der großen Abstrahlleistung nach allen vier Seiten eine gute Raumklangwiedergabe erzielt.

Die Kompression muß über ein breites Frequenzband gleichmäßig gut wirken; es dürfen keine Eigenresonanzen auftreten, und die Ein- und Ausschwingvorgänge dürfen auf keinen Fall verfälscht werden. Diese Bedingungen wurden nach einigen Schwierigkeiten bei der beschriebenen Konstruktion erfüllt: Die Tiefe der Transformationskammer ist gering gegenüber der kleinsten zu übertragenden Schallwellenlänge, daher arbeitet die Geschwindigkeitstransformation nahezu frequenzunabhängig.

Die notwendige Bedämpfung der als Schalleiter dienenden Rohre wird durch entsprechend angebrachte runde („4" im Bild 4) und schlitzförmige („5") Durchbrüche erreicht. Auch das elektrische Problem wurde gelöst, den Baßlautsprechern („7" im Bild 5), dem Hochtonlautsprecher („8") und dem Schallkompressorsystem („1") mit Hilfe elektrischer Weichen gerade jene Energie zuzuführen, die bei dem Zusammenklang der Strahlergruppen die Wiedergabe angenehm und naturgetreu erscheinen läßt. Ein für die Technik des Rundfunkempfängers wesentlicher Vorteil des Schallkompressors mit den Metallrohrstrahlern („3" im Bild 4) liegt darin, daß der Schall ohne wesentliche technische Schwierigkeiten an jede gewünschte Stelle im Gehäuse geführt werden kann. Im Gegensatz zu den bisher üblichen Seitenlautsprechern, die die elektrische Energie zum gleichen Zeitpunkt wie die Frontlautsprecher zugeführt erhalten und abstrahlen, wird der Schall in den Rohrstrahlern akustisch weitergeleitet und wegen der endlichen Laufzeit in den Rohren gegenüber den Frontlautsprechern verzögert abgestrahlt. Auf diese Weise wird ein verbesserter

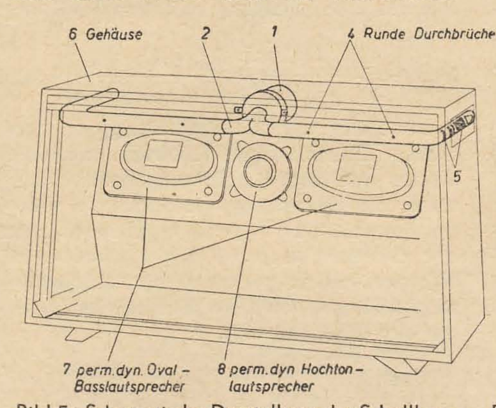
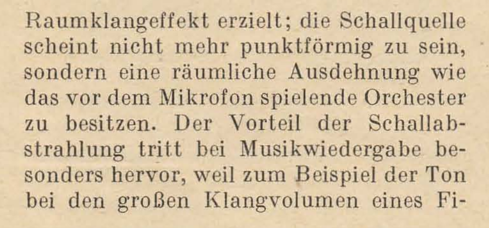


Bild 5: Schematische Darstellung der Schallkompressor- und Lautsprecheranordnung im Tischempfänger „Sinfonia"



Raumklangeffekt erzielt; die Schallquelle scheint nicht mehr punktförmig zu sein, sondern eine räumliche Ausdehnung wie das vor dem Mikrofon spielende Orchester zu besitzen. Der Vorteil der Schallabstrahlung tritt bei Musikwiedergabe besonders hervor, weil zum Beispiel der Ton bei den großen Klangvolumen eines Finales in einer Sinfonie nicht mehr verzerrt wiedergegeben wird. Die Lautsprecher werden nicht mehr übersteuert, um die natürliche Dynamik — den Unterschied in der Lautstärke zwischen Fortissimo und Pianissimo — zu erreichen.

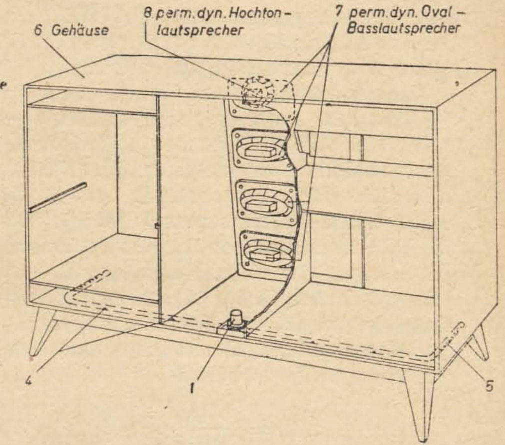
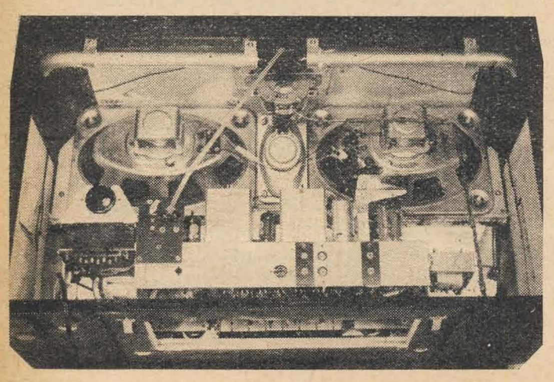


Bild 6: Lautsprecheranordnung in der Musiktruhe „Belcanto". Hier ist das Rohrsystem unter dem Boden verlegt

Während Bild 5 die Anordnung des Schallkompressors in dem Tischempfänger „Sinfonia" zeigt, ist aus Bild 6 die entsprechende Einrichtung und die Lautsprecherverteilung in dem Graetz-Musikschrank „Belcanto" zu ersehen. Bild 7 gibt eine Innenansicht des Spitzensupers „Sinfonia" wieder.

Bild 7: Innenansicht des „Sinfonia"



Weiterentwicklung der Fernsehsignalaufzeichnung auf Magnetband

Nach dem Bing Crosby Unternehmen und der Radio Corp. of America (RCA) trat jetzt auch die bekannte amerikanische Spezialfirma für Magnettongeräte, die Ampex Corp., mit einer Magnetbandanlage zur Aufzeichnung und Wiedergabe von Fernsehsignalen an die Öffentlichkeit. Die ersten drei Geräte sollen im August an die Columbia Broadcasting System (CBS) zur Auslieferung gelangen.

Es ist vorgesehen, acht Geräte noch in diesem Jahr zu fertigen und im Februar 1957 mit der Serienfabrikation zu beginnen.

Der Preis der ersten Geräte wird mit 75000 Dollar angegeben; es ist allerdings möglich, daß er auf 45000 bis 50000 Dollar zurückgeht. Interessant ist bei dieser Entwicklung die geringe Bandgeschwindigkeit von nur 38,1 cm/s. Auf eine Bandspule mit 360 mm Durchmesser kann daher ein Schwarzweiß-Fernsehprogramm von 65 Minuten Dauer aufgezeichnet werden! Die Länge des aufgespulten Bandes beträgt hierbei etwa 1500 m. Mit diesem Verfahren sollen Frequenzen bis 4 MHz aufgezeichnet werden können.

Die relativ geringe Bandgeschwindigkeit wird durch die Verwendung von vier auf einer Trommel befindlichen Magnetköpfe ermöglicht, die mit hoher Drehzahl umlaufen und hierbei die Fernsehsignale auf das 50 mm breite Magnetband von Oberkante zur Unterkante schräg zur Bandlaufrichtung mit einer viel größeren Geschwindigkeit als 38,1 cm/s aufzeichnen. Die Anordnung ist so ausgelegt, daß zur gleichen Zeit, wenn der eine Magnetkopf das Band verläßt, schon der nächste die Oberfläche des Bandes berührt.

Die Aufzeichnung der Tonfrequenzen erfolgt in der üblichen Weise am Rande des Magnetbandes.

Die Firma Ampex will später auch die Aufzeichnung und Wiedergabe von Farbfernsehsignalen nach diesem Verfahren durchführen.

Zur Verwendung rotierender Magnetköpfe sei bemerkt, daß bereits vor dem Jahre 1945 deutsche Spezialmagnettongeräte mit rotierenden Magnetköpfen versehen waren. Das damals 6,5 mm breite Magnetband wurde hierbei jedoch in seiner Längsrichtung abgetastet. *Strobel*

Literatur

Electronics Mai 1956.

HANS-PETER HEMPEL

Bemerkungen zur Berechnung von NF-Verstärkern für frequenzgetreue Klangwiedergabe

Bei den Bestrebungen, die Wiedergabequalität im UKW-Rundfunk und in der Fonotechnik zu erhöhen, steht zur Zeit die Entwicklung hochwertiger NF-Teile für Rundfunkempfänger und verbesserter NF-Leistungsverstärker im Vordergrund.

Ein Hauptproblem bei der naturgetreuen Klangwiedergabe ist die Forderung nach frequenzgetreuer Übertragung. Man kann sie etwa so formulieren: Ein zugeführtes Gemisch von Signalspannungen verschiedener Frequenzen im Bereich von 30 bis 15000 Hz ist in ein ebensolches Gemisch akustischer Schwingungen zu verwandeln, deren Leistungen den Quadraten der Signalspannungen proportional sind und einen bestimmten Maximalwert erreichen können, ohne daß die Verzerrungen einen bestimmten Wert überschreiten. Außerdem soll diese Umwandlung möglichst rationell erfolgen.

Die Erfüllung dieser Forderung ist bekanntlich nicht ohne weiteres möglich. So genügen vor allem die Lautsprecher noch nicht allen Anforderungen. Selbst bei guten Lautsprecherkombinationen zeigt die abgestrahlte Leistung bei konstanter zugeführter Spannung einen Frequenzgang. Man kann diesen allerdings bis zu einem gewissen Grade korrigieren, indem bestimmte Frequenzen mit größerer oder kleinerer Ausgangsspannung zugeführt werden. Diese „Entzerrung" erfolgt entweder innerhalb des Leistungsverstärkers, besser jedoch in einer besonderen Vorstufe. Zunächst muß aber der NF-Verstärker für eine möglichst frequenzunabhängige Ausgangsspannung innerhalb bestimmter Grenzen berechnet werden (die Schwingspulen der Lautsprecher werden hierbei angenähert durch einen reellen Widerstand R_L ersetzt). Hierzu im folgenden einige Bemerkungen, die im Prinzip nichts Neues aussagen, bei der Berechnung von hochwertigen NF-Verstärkern jedoch unbedingt beachtet werden müssen.

Der Ausgangsübertrager

Der schwächste Punkt des NF-Verstärkers ist zweifellos der Ausgangsübertrager. Seine Eigenschaften bestimmen in erster Linie die Breite des Frequenzbandes, das auf den Lastwiderstand übertragen werden kann.

Bild 1 zeigt das Ersatzschaltbild eines Übertragers. Darin ist L die Leerlaufinduktivität der Primärwicklung, der die gesamte Wicklungskapazität parallelgeschaltet ist. R_v repräsentiert die Eisenverluste, r_p und r_s sind die ohmschen Widerstände der Wicklungen, R_a ist der auf die Primärseite transformierte Lastwiderstand. Einen besonderen Einfluß übt die Kurzschluß- oder Streuinduktivität L_s aus, die durch L und den „Streufaktor" σ bestimmt ist.

Mit Hilfe der aufgeführten Größen kann man den Frequenzgang des Übertragers berechnen.

Bei niedrigen Frequenzen (Bild 2a, vereinfachte Ersatzschaltung) ist der Blindwiderstand ωL der Leerlaufinduktivität vergleichbar mit R_a bzw. dem Innen-

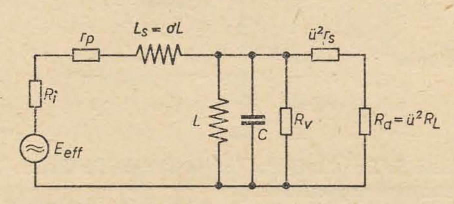


Bild 1: Ersatzschaltbild eines Ausgangsübertragers mit Generator (Endröhre) und Lastwiderstand

widerstand R_i der Endröhre. Wie man mit Hilfe von Bild 2a leicht ausrechnen kann, ist für

$$\omega_u L = \frac{R_i\, R_a}{R_i + R_a} \qquad (1)$$

$\tan \varphi = 1$, also die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung 45°. Die Spannung an R_a ist dabei auf den $\frac{1}{\sqrt{2}}$-fachen Wert abgesunken. Für die Wirkleistung an R_a gilt dann:

$$N_u = \frac{1}{R_a} U_{eff}^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{R_a} E'^{2}_{eff}. \qquad (2)$$

Sie ist also auf die Hälfte zurückgegangen. Man muß deshalb L so groß bemessen, daß die kleinste wiederzugebende Frequenz größer als

$$f_u = \frac{R_i\, R_a}{2\pi L (R_i + R_a)} \qquad (1a)$$

wird. Gerade bei tiefen Tönen ist ein Abfall der Schalleistung auf die Hälfte sehr deutlich zu hören.

Nach hohen Frequenzen hin steigt der Blindwiderstand von σL an, bis gemäß Bild 2b bei

$$\omega_o \sigma L = R_a + R_i \qquad (3)$$

die Wirkleistung wieder auf die Hälfte abgefallen ist. Aus (1a) und (3) folgt:

$$\frac{f_o}{f_u} = \frac{1}{\sigma}\left(2 + \frac{R_a}{R_i} + \frac{R_i}{R_a}\right). \qquad (4)$$

Dieses Verhältnis ist um so größer, je mehr sich R_i und R_a unterscheiden. Am kleinsten ist es bei $R_i = R_a$, nämlich $\frac{4}{\sigma}$.

Bei Endpentoden ist etwa $\frac{R_i}{R_a} \geqq 8$. Da es meist ohne besondere Schwierigkeiten möglich ist, σ auf 1% zu reduzieren, erhält man mindestens $\frac{f_o}{f_u} = 1000$. Wird f_u zu 20 Hz gewählt, so folgt $f_o = 20000$ Hz.

Bei Trioden ist gewöhnlich $\frac{R_a}{R_i} \approx 3$. Dann ergibt sich bei $\sigma = 1\%$ $\frac{f_o}{f_u} = 530$ und für $f_u = 20$ Hz als obere Grenzfrequenz $f_o = 10600$ Hz. Um das geforderte Frequenzband übertragen zu können, muß man σ wesentlich verringern.

Es zeigt sich also, daß auch in dieser Hinsicht die Pentode bzw. Tetrode der Triode überlegen ist.

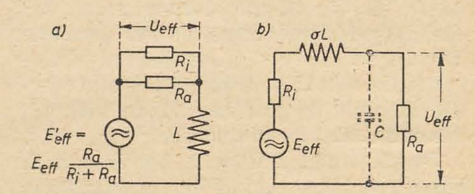


Bild 2: Vereinfachte Ersatzschaltbilder für den Ausgangsübertrager a) für niedrige, b) für hohe Frequenzen

Deshalb ist es unzweckmäßig, den Innenwiderstand einer Endpentode durch Spannungsgegenkopplung von der Anode aus (Bild 3a) herabzusetzen und ihre Eigenschaften dadurch triodenähnlicher zu machen. Dadurch wird zwar, wie bei jeder Gegenkopplung, der Klirrfaktor verringert, dies erfolgt aber auf Kosten der Bandbreite. Dasselbe gilt auch für die sogenannte „Ultralinearschaltung" (Bild 3b).

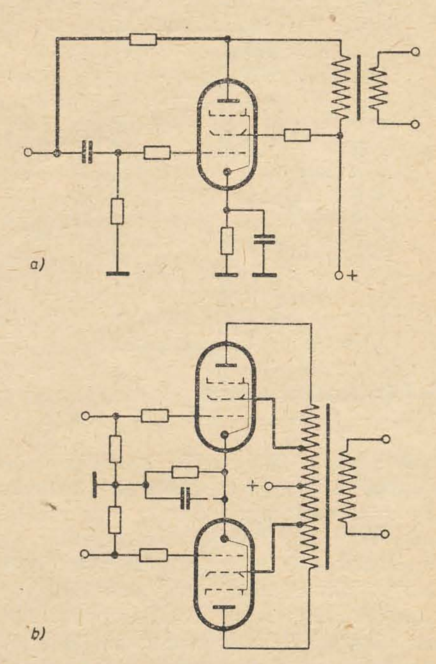


Bild 3: Gegenkopplungsschaltungen, die den Innenwiderstand der Endröhre herabsetzen a) normale Spannungsgegenkopplung, b) Ultralinearschaltung

Eine Verringerung von R_i kann jedoch nach Gleichung (1a) zum Beispiel dann erwünscht sein, wenn für einen Tieftonverstärker ein vorhandener Transformator mit zu kleiner Leerlaufinduktivität verwendet werden soll.

Gleichstromvormagnetisierung

Die vorangegangenen Ausführungen lassen erkennen, daß der Streufaktor σ kleingehalten werden muß, wenn man eine große Frequenzbandbreite erreichen will. Zu diesem Zweck ist in erster Linie die Vormagnetisierung des Ausgangsübertragers durch den Anodenstrom der Endröhre zu vermeiden. Durch diese Vormagnetisierung sinkt die wirksame Permeabilität des Eisenbleches auf weniger als ein Viertel ab. Das erfordert, um die notwendige Primärinduktivität zu erreichen, die doppelte bis dreifache Windungszahl. Da aber die Streuinduktivität durch die Vormagnetisierung kaum beeinflußt wird, muß man sie aus der ohne Vormagnetisierung herrschenden Leerlaufinduktivität berechnen, die nun vier- bis neunmal so groß ist. σL ist also um denselben Faktor gewachsen.

Durch einen Luftspalt im Eisenkern kann man den Abfall der Induktivität mit wachsender Vormagnetisierung etwas ausgleichen, wodurch der Anstieg von σL ungefähr auf den Faktor 4 verringert wird. Bei sorgfältigem Ineinanderschachteln der Wicklungen sind dann noch erträgliche Werte der Streuinduktivität und damit der geforderten Bandbreite zu erzielen.

Besser ist es jedoch, die Gleichstromvormagnetisierung zu kompensieren. Es gibt zwei Möglichkeiten, das zu erreichen. Die erste davon ist die bekannte Gegentaktschaltung (Bild 4). Bei genau gleichen Primärwindungszahlen und Anodengleichströmen heben sich die von diesen verursachten magnetischen Felder auf.

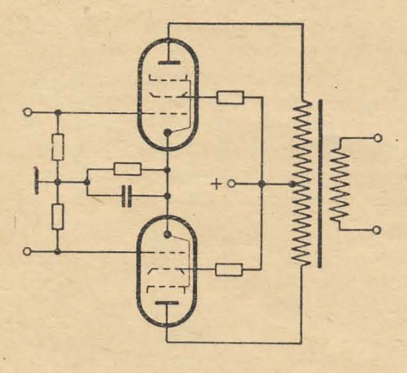


Bild 4: Gegentaktendstufe

Will man die zweite Endröhre einsparen, so kann man das Magnetfeld des Anodenstroms auch durch eine zusätzliche Wicklung kompensieren, in der ein Gleichstrom in entgegengesetzter Richtung fließt. Hierfür lassen sich beispielsweise Anoden- und Schirmgitterströme der übrigen Röhren ausnutzen (Bild 5). Die beiden Ströme brauchen nicht gleich groß zu sein; man muß die Wicklungen nur so bemessen, daß

$$w_{L1} I_1 = w_{L2} I_2 \qquad (5)$$

wird (w_{L1} und w_{L2} sind dabei die Windungszahlen der betreffenden Wicklungen).

Durch diese Anordnung erfolgt auch eine teilweise Kompensation des Netzbrummens, die häufig als Hauptzweck der Schaltung angesehen wird. Die in die Sekundärwicklung induzierte Brummspannung ist jedoch nur dann gleich Null, wenn die von den beiden Brummströmen verursachten Kraftflüsse in jedem Augenblick gleich groß sind. Da aber der eine Brummstrom über den relativ großen Innenwiderstand der Endröhre fließt, der andere über den kleinen Blindwiderstand

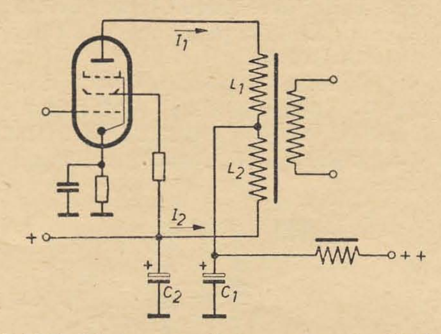


Bild 5: Schaltung zur Kompensation der Gleichstromvormagnetisierung

des Kondensators C_2, werden beide sehr verschieden groß und gegeneinander phasenverschoben sein, so daß eine völlige Kompensation auch des Brummens kaum möglich ist. Da aber L_2 und C_2 eine Siebkette bilden, erhalten die Vorröhren und das Schirmgitter gut gesiebte Betriebsspannungen.

Obwohl diese einfache Schaltung viele Vorzüge aufweist, wird sie nur relativ selten angewendet. Vielleicht hängt dies damit zusammen, daß vielfach empfohlen wird, auch nichtvormagnetisierte Ausgangsübertrager mit einem Luftspalt zu versehen, damit die starke Abhängigkeit der Permeabilität und damit der Induktivität von der Amplitude des Primärstroms verringert wird. Nun ist aber beim belasteten Übertrager die übertragene Spannung nur in der Nähe der unteren Grenzfrequenz von der Größe der Primärinduktivität abhängig, und infolgedessen können sich auch nur dort Verzerrungen infolge der Amplitudenabhängigkeit der Induktivität ergeben. Liegt also die untere 45°-Frequenz weit genug unterhalb der tiefsten zu übertragenden Frequenz, so kann man auf den Luftspalt verzichten. Außerdem ist die Schaltung bei Anwendung einer starken Gegenkopplung stabiler, wie im nächsten Abschnitt gezeigt wird.

Die These, daß jeder Tonfrequenzübertrager aus Dynamoblech IV oder einem ähnlichen Material einen Luftspalt haben muß, ist nicht ohne weiteres auch auf Ausgangsübertrager anzuwenden — für unbelastete Übertrager gilt sie natürlich uneingeschränkt —, sondern man wird in jedem Falle die Vor- und Nachteile gegeneinander abwägen müssen.

Die Gegenkopplung

Bisher wurde noch nicht auf die Verzerrungen eingegangen, die durch die Nichtlinearität der Röhrenkennlinien und auch der Magnetisierungskurve des Ausgangsübertragers bedingt sind. Sie müssen bei einer klangreinen Wiedergabe $< 2\%$ sein. Um dies zu erreichen, ist eine Spannungsgegenkopplung von der Sekundärseite des Ausgangsübertragers zum Gitter einer der vorhergehenden Röhren zweckmäßig. Mit Hilfe dieser Schaltung wird nämlich gleichzeitig, vom Lastwiderstand aus betrachtet, der Innenwiderstand des Verstärkers herabgesetzt, was zur Dämpfung von Eigenschwingungen der Lautsprechermembranen beiträgt. Dabei werden aber, im Gegensatz zu den Schaltungen nach Bild 3, die Anpassungsverhältnisse nicht verändert.

Über wie viele Stufen die Gegenkopplung arbeitet, richtet sich nach der zur Aussteuerung der Endröhre(n) erforderlichen Gitterwechselspannung und nach dem angestrebten Gegenkopplungsfaktor. Werden nur wenige Stufen überbrückt, so kann man nur schwach gegenkoppeln, da sich anderenfalls der Steuerspannungsbedarf des gegengekoppelten Teils so erhöht, daß der Vorverstärker übersteuert wird und der Klirrfaktor wieder stark ansteigt. In Gegentaktendstufen koppelt man deshalb in der Regel über drei Stufen hinweg, denn die Phasenumkehrstufe hat gewöhnlich nur eine geringe Verstärkung.

Allerdings besteht bei Gegenkopplung über mehrere Stufen die Gefahr der Selbsterregung. Bekanntlich ist mit dem Abfall der Verstärkung jeder Stufe nach hohen bzw. tiefen Frequenzen zu auch eine Phasendrehung verbunden, deren Größe bei zunehmender Schwächung dem Wert 90° zustrebt (ohne ihn jedoch zu erreichen). Beträgt nun die Phasendrehung der durch die Gegenkopplung überbrückten Stufen zusammen bei einer Frequenz 180°, so geht für diese Frequenz die Gegenkopplung in eine Mitkopplung über; der Verstärker wird instabil, es kann sogar Selbsterregung eintreten.

Sind die Katoden- und Schirmgitterkondensatoren ausreichend groß bemessen, so ist der Verstärkungsabfall nach niedrigen Frequenzen hin durch die Koppelkondensatoren C_k und Gitterwiderstände R_g der RC-gekoppelten Stufen und durch die Glieder $R_A = \frac{R_a R_i}{R_a + R_i}$ und L der Endstufe bedingt. Daraus ergibt sich, daß bei Gegenkopplung über drei oder mehr Stufen bei tiefen Frequenzen Selbsterregung eintreten kann. Um diese Gefahr zu verringern, wählt man die Grenzfrequenzen

$$f_{uRC} = \frac{1}{2\pi \cdot R_g C_k} \text{ bzw.}$$

$$f_{uRC} = \frac{R_i \cdot R_a}{2\pi \cdot L\,(R_i + R_a)} \qquad (6)$$

unter sich möglichst sehr verschieden groß. Dann ist bei der gemeinsamen 180°-Frequenz die Verstärkung der Stufe mit der höchsten Grenzfrequenz bereits sehr gering und damit natürlich auch die Gesamtverstärkung, weil sich die Stufenverstärkungen ja multiplikativ zusammensetzen.

Ähnlich liegen die Verhältnisse an der oberen Grenze des übertragenen Frequenzbandes. Der Verstärkungsabfall ist hier durch die Schalt- und Röhrenkapazitäten und die Arbeitswiderstände der RC-Stufen gegeben:

$$f_{oRC} = \frac{1}{2\pi \cdot R_p C_p}. \qquad (7)$$

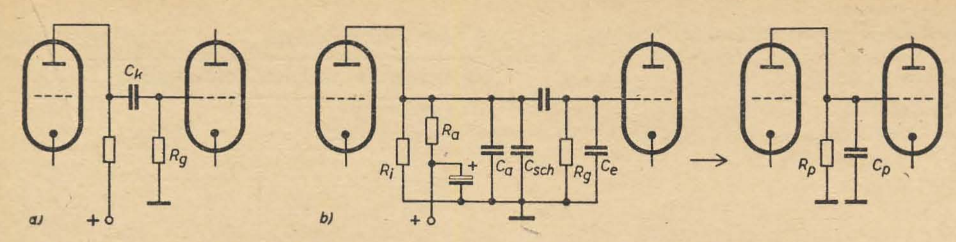


Bild 6: Ersatzschaltbilder für RC-gekoppelte Stufen a) für niedrige, b) für hohe Frequenzen

Der Ausgangstransformator wirkt, wie Bild 7 zeigt, als gedämpfter Schwingkreis, der bekanntlich beim Durchgang durch die Resonanzfrequenz

$$f_{res} = \frac{\sqrt{1 - \frac{R_i^2 C}{\sigma L}}}{2\pi \cdot \sqrt{\sigma L C}} \qquad (8)$$

die Phase um 90° dreht. Nach höheren Frequenzen zu nähert sich die Phasendrehung dem Wert 180°. Es besteht also schon bei Gegenkopplung über zwei Stufen hinweg Selbsterregungsgefahr, die sich mit jeder weiteren Stufe beträchtlich erhöht.

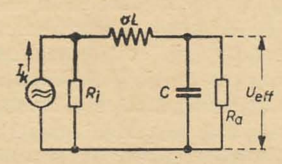


Bild 7: Streuresonanz eines Ausgangsübertragers. Im Falle $\frac{R_i^2 C}{\sigma L} \geqq 1$ tritt keine Resonanz mehr ein

$$U_{eff} = I_k \cdot \frac{1}{\hat{G}}$$

$$\hat{G} = \frac{1}{R_a} + \frac{R_i}{R_i^2 + (\omega \sigma L)^2} + i\omega \left[C - \frac{\sigma L}{R_i^2 + (\omega \sigma L)^2} \right]$$

$$\omega_{res} = \sqrt{\frac{1 - \frac{R_i^2 C}{\sigma L}}{\sigma L C}}; \quad U_{eff\,res} = I_k \cdot \frac{R_i R_a}{R_i + R_a \frac{R_i^2 C}{\sigma L}}$$

Die Abwehrmaßnahmen sind dieselben wie bei niedrigen Frequenzen. Vor allem muß f_{res} so groß wie möglich sein, damit man eine der Grenzfrequenzen f_0^{RC} wesentlich niedriger wählen kann, so daß die Verstärkung dieser Stufe in dem kritischen Gebiet oberhalb f_{res} sehr gering wird.

Darüber hinaus wird man in den Gegenkopplungskanal RC-Glieder einschalten, die oberhalb und unter Umständen auch unterhalb des zu übertragenden Frequenzbereiches die Phase der zurückgeführten Spannung zurückdrehen.

Die Entzerrung

Wie schon in der Einleitung erwähnt, ist es wünschenswert, den Frequenzgang der Lautsprecherkombination durch Anheben bzw. Absenken bestimmter Frequenzbereiche korrigieren zu können. Weiterhin muß berücksichtigt werden, daß das menschliche Ohr bei verringerter Schalleistung gegenüber dem Original die tiefen Töne unterhalb 500 Hz sehr viel schwächer empfindet. Hört man zum Beispiel Orchestermusik am Radio mit um 20 dB schwächerer Schalleistung als im Konzertsaal, so erscheint ein Ton von 1000 Hz statt mit 60 Phon mit 40 Phon, ein Ton von 50 Hz statt mit 60 Phon aber nur mit 10 Phon. Damit er auch mit 40 Phon gehört wird, muß die Schallleistung für diese Frequenz um etwa 15 dB vergrößert werden.

Sprache dagegen wird am Radio gewöhnlich mit Originallautstärke gehört. Hier würde also eine so starke Tiefenanhebung, wie man sie für die Wiedergabe von Musik braucht, das Klangbild verfälschen, unter Umständen sogar die Verständlichkeit beeinträchtigen. Die Entzerrung muß also regelbar oder noch besser auf bestimmte Standardwerte einstellbar sein (Klangregister).

Es bleibt nun noch zu untersuchen, an welcher Stelle der Schaltung der Entzerrer am zweckmäßigsten einzufügen ist. Auf keinen Fall darf man ihn zwischen zwei Stufen anordnen, die durch eine Gegenkopplung überbrückt sind, denn diese würde ja seine Wirkung zum größten Teil wieder aufheben. Dagegen besteht die Möglichkeit, die Gegenkopplung, die zur Linearisierung des Leistungsverstärkers vorgesehen ist, für bestimmte Frequenzen zu verringern bzw. zu verstärken. Dies ist aber insofern ungünstig, als dann gerade die bevorzugten Frequenzen auch mit einem größeren Klirrfaktor auftreten würden. Hinzu kommt, daß die Entzerrerglieder als Phasenschieber wirken, wodurch wiederum die Gefahr der Selbsterregung gegeben ist.

Aus diesen Gründen ist es am zweckmäßigsten, die notwendige Entzerrung der Frequenzkurve in einem gesonderten Vorverstärker vorzunehmen.

Literatur

H. Barkhausen: Elektronenröhren, 2. Band, Verstärker, 5. und 6. Auflage 1954, S. Hirzel, Leipzig.

H. Bartels: Grundlagen der Verstärkertechnik, 3. Auflage 1949, S. Hirzel, Leipzig.

Günter H. Domsch: Der Übertrager in der Nachrichtentechnik, Akademische Verlagsgesellschaft, 1953.

Richard Feldtkeller: Spulen und Übertrager (3. Bd.), S. Hirzel, 1949.

Gesehen — gehört — glossiert!

Es ist wirklich ein Kreuz! Hatte man doch bei den zuständigen Stellen inbrünstig gehofft, der bisher erfolgreich verregnete Sommer möge bis Dezember so weiterverlaufen, damit sich das Problem von selbst erledigt. Aber Pustekuchen! Fatalerweise strahlt nun schon wochenlang die Sonne, und jung und alt zieht hinaus ins Grüne und tummelt sich, schwimmt, sonnt sich und was man noch so tun kann, wenn die Wolken am blauen Himmel wandern, die Wellen plätschern und der Sommerwind schmeichlerisch durch die Landschaft fächelt.

Ein frischer Windstoß müßte aber nun doch einmal in die Angelegenheit fahren, die unseren werktätigen Natur- und Radiofreunden schon zum x-tenmal die Sommerlaune verdirbt. Nach unseren bisherigen Erkundungen scheint es zwar diesmal nicht ganz so schlimm zu sein wie früher, aber ein Spatz macht eben noch keinen Sommer, und nicht einmal dieser „Spatz" ist überall zu haben, der Reisesuper „Spatz" nämlich, der sich von den älteren Typen „Libelle" und „Trabant" u. a. dadurch unterscheidet, daß er einige Kilo weniger wiegt.

Und die Batterien? Breiten wir den Schleier der Barmherzigkeit über sie (ein kleiner Schleier genügt, es gibt nicht viel zu bedecken) und lassen wir nur einen der Leser zu Wort kommen, die uns ihr Herz ausschütteten. Herr Herbert Pasemann aus Magdeburg-Ost schreibt da z. B.: „Täglich frage ich in den einschlägigen Geschäften (nach Batterien! Die Red.) ... immer die gleiche Antwort: ‚Haben wir leider nicht ...' Nach Anfrage bei sämtlichen einschlägigen HO-Geschäften in Magdeburg wurde mir gesagt, daß nur ganze Batteriesätze verkauft würden ..."

Na, ist das nichts? Wenn es dann endlich mal eine Anodenbatterie gibt, dürfen Sie gleich eine Heizbatterie mitkaufen, auch wenn Sie einen Akku im Gerät haben und diese deshalb gar nicht benötigen!

Wollen wir hoffen, daß diese nochmalige Ermahnung zu spät kommt, zu spät im guten Sinne. Wollen wir weiter hoffen, auch mit einer ganz bescheidenen Nachfrage hinterherzuhinken, mit der Frage nämlich, ob der in Leipzig zwar nicht gezeigte, aber in Tages- und sonstigen Zeitungen wirkungsvoll propagierte „Sylva"-Batteriesuper doch noch mal erscheint. Auf daß wir als Abschluß Goethes Worte zu Unrecht zitiert haben mögen, der da sagt:

O glücklich, wer noch hoffen kann,
aus diesem Meer des Irrtums aufzutauchen.
Was man nicht hat, das eben brauchte man,
und was man hat, kann man nicht brauchen!

Die Zeitschrift „Deutscher Export", die in unserem Verlag in fünf Sprachausgaben erscheint – Deutsch, Englisch, Russisch, Französisch, Spanisch –, ist bei jedem Postamt der DDR zum Preise von 3.– DM pro Heft zu beziehen. Wir empfehlen allen Exportbetrieben unseres Industriezweiges den Bezug dieser wichtigen Informationsquelle.

Die Redaktion

HEINZ KIESSLING

EIN KONDENSATORENMESSGERÄT

Das Gerät ist ursprünglich für die Messung und Prüfung von Elektrolytkondensatoren gebaut worden. Es lassen sich aber auch ohne weiteres Kapazität und Isolationswiderstand von Papierkondensatoren bestimmen. Lediglich Spannungsprüfungen über 500 V sind nicht durchführbar.

Technische Daten

Kapazitäts- und tan δ-Meßbereiche:

Bereich	Kapazität	tan δ	Skalenfaktor
1	0,1 ... 10 μF	0,001 ... 0,03	× 0,1
2	1 ... 100 μF	0,01 ... 0,3	× 1
3	10 ... 1000 μF	0,1 ... 3,0	× 10

Reststrommeßbereiche:
0,1 mA, 1 mA, 10 mA, 100 mA

bei Meßspannungen von:
6 V, 12 V, 30 V, 70 V, 100 V, 160 V, 250 V, 350 V, 500 V

Isolationswiderstand:
5 MΩ ... 500 MΩ, 0,5 MΩ ... 50 MΩ
bei einer Meßspannung von 500 V und Strombereichen von 0,1 und 1 mA.

Schaltung

Schaltungsmäßig besitzt das Gerät zwei große Hauptgruppen: die Einrichtung zur Reststrommessung mit dem erforderlichen großen Spannungsteiler und dem Meßwerk sowie die Wechselstrommeßbrücke mit Verstärker und Nullindikator. Für die Anzeige wurde eine EM 11 gewählt, da diese bei einfacher Schaltung absolut betriebssicher und unempfindlich gegen Überlastungen ist. Um ein ausgeprägtes Minimum an der EM 11 zu erhalten, wird die von der Verstärkerröhre kommende Wechselspannung zuvor gleichgerichtet. Für diese Funktion ist eine Diode der Verstärkerröhre EBF 11 vorgesehen. Der Verstärker selbst ist eine normal geschaltete NF-Stufe. Die Empfindlichkeit ist am Nullindikator so groß, daß es beim Durchdrehen des Bereiches vorkommen kann, das Minimum zu übersehen. Um deshalb die Empfindlichkeit regeln zu können, ist vor dem Gitter des Magischen Auges das Potentiometer P_2 (Bild 1), welches mit R_{28} zusammen einen Spannungsteiler bildet, gegen Masse geschaltet. Die eigentliche Wechselstrommeßbrücke ist nicht wie üblich aufgebaut. Das Meßpotentiometer P_3 ist am Anfang nur in den einen Brückenzweig geschaltet, während am Ende der Skala lediglich ein Rest (19,8 Ω) in diesem Zweig verbleibt und der übrige Widerstand von etwa 980 Ω sich zum Widerstand R_{22} im anderen Brückenzweig addiert. Damit erreicht man bei einer brauchbaren Skalenteilung einen Meßbereich von 1 bis 100, obwohl das Vergleichsnormal nur die Größe 1 hat. Als Zahlenbeispiel ausgedrückt: Bei einem Meßbereich von 10 bis 1000 μF braucht der eingebaute Kondensator nur 10 μF groß zu sein. Für die Berechnung der Meßbereiche gilt folgende Formel:

$$C_x = C_n \cdot \frac{R_2}{R_1} \qquad (1)$$

Für dieses Gerät also:

$$C_x = C_n \cdot \frac{R_{22} + \Delta R}{P_3 - \Delta R}$$

$$(\Delta R = 0 \text{ bis } 980{,}2\,\Omega) \qquad (1a)$$

Da nun C_n mittels des Schalters S_5 von 0,1 μF auf 1 μF und 10 μF umschaltbar ist, ergeben sich die genannten Meßbereiche. Der Skalenverlauf ist nach Gleichung (1a) leicht zu berechnen.

Mit dem Potentiometer P_1 wird der Verlustwinkel tan δ eingestellt. Mit δ bezeichnet man den Winkel zwischen Scheinwiderstandsvektor und Blindwiderstandsvektor, da sich bei einem Kondensator der Widerstand aus einem in Reihe geschalteten Blind- und Wirkwiderstand zusammensetzt:

$$\tan\delta = \frac{R}{\frac{1}{\omega C}} = R \cdot \omega C \qquad (2)$$

Wenn nun für C_n ein Kondensator mit einem sehr geringen tan δ verwendet wird (bei einem Elko ist der tan δ mindestens um eine Zehnerpotenz größer als bei einem guten Papierkondensator), so läßt sich mit einem zusätzlich in Reihe geschalteten Widerstand der Verlustwinkel hinreichend genau bestimmen. Mit Hilfe der Gleichung (2) sind die Werte für R_{17} und P_1 festzulegen. Der Widerstand R_{17} begrenzt dabei den Meßbereich und ergibt einen günstigeren Skalenverlauf am Anfang. Aus der Gleichung (2) geht weiterhin hervor, daß beim Umschalten von C_n auch die Werte von tan δ mit dem Faktor der Kapazitätsveränderung multipliziert werden müssen.

Für die Brückenspannung wurden 3 V festgelegt. Dieser Wert ist noch nicht so hoch, daß Meßfehler und Schäden am zu messenden Objekt entstehen können. Der Wert ist aber groß genug, um auf dem ganzen Skalenbereich einwandfreie Messungen durchführen zu können. Damit bei einem Kurzschluß in der Brücke der Strom auf alle Fälle begrenzt bleibt, liegt in der Spannungszuleitung der Widerstand R_{12}. Wenn darauf geachtet wird, daß die Werte für C_4 bis C_6 sowie R_{17} und R_{22} eine Genauigkeit von ± 1% haben, so ist zum gesamten Abgleich der Meßbrücke nur noch die Feststellung der einzelnen Potentiometerwerte erforderlich. Diese werden mit einer Widerstandsmeßschal-

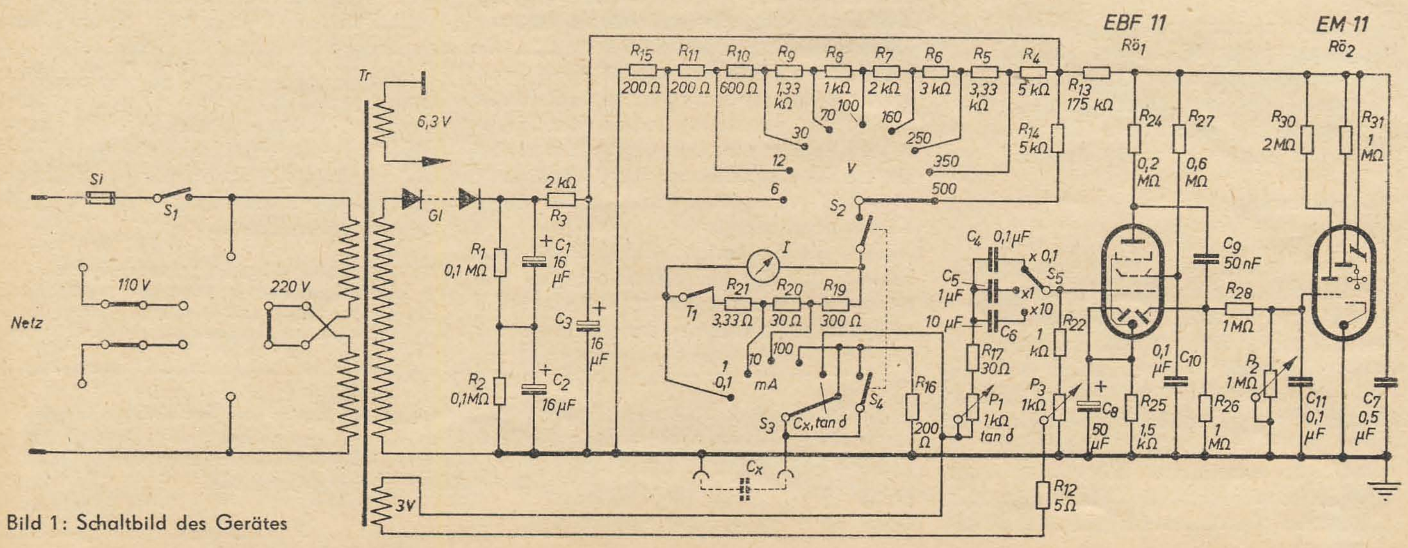


Bild 1: Schaltbild des Gerätes

tung ermittelt. Mit den nun gefundenen Werten werden zwei Kurven gezeichnet, die die Abhängigkeit des Widerstandes von dem jeweiligen Drehwinkel darstellen. Nach diesen Kurven sind ohne Schwierigkeiten die Skalen für die Potentiometer herzustellen, und der Abgleich ist damit beendet. Bei Messungen von unbekannten Kondensatoren ist zu beachten, daß beide Potentiometer das Minimum am Nullindikator bestimmen. Bei genauen Messungen müssen also beide Potentiometer mehrere Male abwechselnd eingestellt werden.

Nach den DIN-Vorschriften ist der Reststrom derjenige Strom, der bei Anlegen der Betriebsspannung noch nach einer Minute durch den Elko fließt. Bedingung ist, daß die Betriebsspannung dabei nicht zusammenbricht. Der erforderliche Spannungsteiler für die verschiedenen Betriebsspannungen muß deshalb entsprechend niederohmig werden. Um einen erträglichen Aufwand einzuhalten, wurde der Querstrom auf 30 mA festgesetzt. In dem Bereich 500 V begrenzt dabei der Widerstand R_{14} den Strom auf max. 100 mA. In den niedrigeren Spannungsbereichen übernimmt diese Funktion der Spannungsteiler, mit dem praktisch alle vorkommenden Betriebsspannungen von Elkos einstellbar sind. Die genauen Werte der Widerstände gehen aus der Stückliste hervor. Am besten eignen sich dafür Drahtwiderstände mit Abgreifschellen, die vor dem Einbau mit einer Widerstandsmeßbrücke abgeglichen werden. Eine Genauigkeit von ± 2% ist vollkommen ausreichend.

Schalter S_3 stellt als Meßartenschalter das Verbindungsglied der einzelnen Gruppen dar. In Stellung 1 ist der zu prüfende Kondensator zur Sicherheit über einen Widerstand von 200 Ω (R_{16}) kurzgeschlossen. In Stellung 2 werden die Kapazität und der tan δ gemessen. Stellung 3 ist mit 1 verbunden. Sie dient dazu, den aufgeladenen Kondensator nach erfolgter Reststromprüfung zu entladen, da sonst die gesamte Ladung in die Meßbrücke fließen würde. Stellungen 4 bis 6 sind für die verschiedenen Bereiche der Reststrommessung vorgesehen. Da der max. Strom nur 100 mA betragen kann, ist der größte Meßbereich auch so ausgelegt. Man kann die Aufladung des Kondensators dadurch einwandfrei verfolgen, indem man S_3 je nach Rückgang des Stromes entsprechend weiterschaltet. Bei einiger Übung können damit Rückschlüsse auf die Qualität des Prüflings gezogen werden. Der kleinste Bereich ist 0,1 mA. Dieser kann nur durch Öffnen des Ruhekontaktes T_1 in Betrieb genommen werden. Damit ist eine gewisse Sicherheit für das Meßwerk beim Durchschlagen eines Kondensators gegeben. Auch der Isolationswiderstand wird in dieser Schaltstellung gemessen. Das Meßwerk muß für die geforderten Bereiche 0,1 mA Endausschlag haben. Der Innenwiderstand R_i desselben ist je nach Fabrikat verschieden. Für die dazugehörigen drei Shunts gelten folgende Formeln:

$$R_{19} = 0{,}001 \cdot R_i \qquad (3a)$$

$$R_{20} = 0{,}01 \cdot R_i \qquad (3b)$$

$$R_{21} = 0{,}1 \cdot R_i \qquad (3c)$$

Die entsprechenden Werte in der Stückliste sind für einen inneren Widerstand von 3 kΩ angegeben.

Da mit diesem Meßgerät zum Beispiel auch Fotoblitzkondensatoren von 500 μF und 500 V gemessen werden können, ist es unbedingt notwendig, den Prüfling während der Messung berührungssicher unterzubringen, da der Entladungsstrom beim unvorsichtigen Berühren der Anschlüsse gefährlich werden kann. Zu diesem Zweck ist es ratsam, eine Schutztür an der Frontplatte vorzusehen, hinter der der zu messende Kondensator untergebracht wird. An der Tür muß eine Sicherheitsvor-

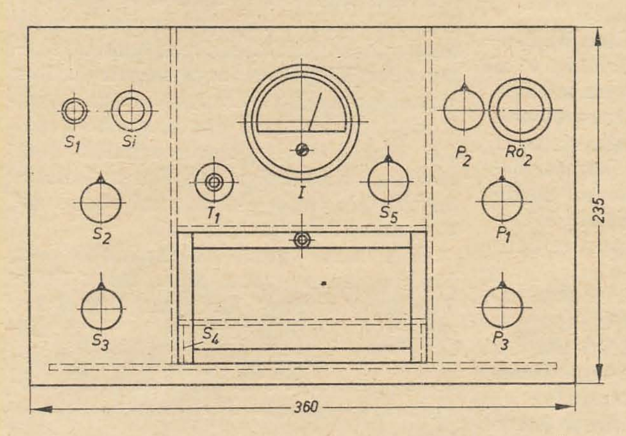


Bild 2: Anordnung der Teile auf der Frontplatte

S_i Feinsicherung
S_1 Netzschalter
S_2 Stufenschalter
S_3 Stufenschalter
S_4 Türkontaktschalter
S_5 Stufenschalter
T_1 Drucktaste
I Instrument
P_1 Potentiometer
P_2 Potentiometer
P_3 Potentiometer
$Rö_2$ Magisches Auge

Zusammenstellung der verwendeten Einzelteile

Teil	Benennung	Größe	Bemerkung
R_1	Schichtwiderstand	100 kΩ, 1 W	
R_2	Schichtwiderstand	100 kΩ, 1 W	
R_3	Drahtwiderstand	2 kΩ, 2 W	Abgreifschelle
R_4	Drahtwiderstand	5 kΩ, 40 W	
R_5	Drahtwiderstand	3,33 kΩ, 20 W	
R_6	Drahtwiderstand	3 kΩ, 10 W	
R_7	Drahtwiderstand	2 kΩ; 8 W	
R_8	Drahtwiderstand	1 kΩ, 5 W	
R_9	Drahtwiderstand	1,33 kΩ, 5 W	
R_{10}	Drahtwiderstand	600 Ω, 2 W	
R_{11}	Drahtwiderstand	200 Ω, 2 W	
R_{12}	Drahtwiderstand	5 Ω, 2 W	
R_{13}	Schichtwiderstand	175 kΩ, 1 W	
R_{14}	Drahtwiderstand	5 kΩ, 40 W	
R_{15}	Drahtwiderstand	200 Ω, 2 W	
R_{16}	Drahtwiderstand	200 Ω, 2 W	
R_{17}	Drahtwiderstand	30 Ω, 0,5 W	±1%
P_1	Drahtdrehwiderstand	1 kΩ	Potentiometer
R_{19}	Drahtwiderstand	300 Ω, 0,5 W	Shunt
R_{20}	Drahtwiderstand	30 Ω, 0,5 W	Shunt
R_{21}	Drahtwiderstand	3.33 Ω, 0,5 W	Shunt
R_{22}	Schichtwiderstand	1 kΩ, 0,5 W	±1%
P_3	Drahtdrehwiderstand	1 kΩ, 0,5 W	Potentiometer

Teil	Benennung	Größe	Bemerkung
R_{24}	Schichtwiderstand	200 kΩ, 0,5 W	
R_{25}	Schichtwiderstand	1,5 kΩ, 0,25 W	
R_{26}	Schichtwiderstand	1 MΩ, 0,25 W	
R_{27}	Schichtwiderstand	600 kΩ, 0,5 W	
R_{28}	Schichtwiderstand	1 MΩ, 0,25 W	
P_2	Schichtdrehwiderstand	1 MΩ	Potentiometer
R_{30}	Schichtwiderstand	2 MΩ, 0,5 W	
R_{31}	Schichtwiderstand	1 MΩ, 0,5 W	
C_1	Elektrolytkondensator	16 μF, 350/375 V	
C_2	Elektrolytkondensator	16 μF, 350/375 V	
C_3	Elektrolytkondensator	16 μF, 500/550 V	
C_4	Kondensator	0,1 μF 250/750 V	±1%
C_5	Kondensator	1 μF 250/750 V	±1%
C_6	Kondensator	10 μF 250/750 V	±1%
C_7	Kondensator	0,5 μF 500/1500 V	
C_8	Elektrolytkondensator	50 μF 6/8 V	
C_9	Kondensator	50 nF 500/1500 V	
C_{10}	Kondensator	0,1 μF 500/1500 V	
C_{11}	Kondensator	0,1 μF 250/750 V	
$Rö_1$	Röhre	EBF 11	
$Rö_2$	Röhre	EM 11	

Heft 16

enthält unter anderem folgende Artikel:

Über die Anwendung der r- und h-Parameter von Transistoren

Vierpolparameter und Kenngrößen von Flächentransistoren

Einkreisempfänger mit Spitzentransistoren

Neue Reiseempfänger mit Transistor-NF-Stufen

Leistungstransistoren

Transistoren-DF- und NF-Verstärker

Wir hoffen, daß diese Zusammenstellung von Beiträgen aus der Transistortechnik den Beifall unserer Leser findet.

richtung S_5 derartig angebracht werden, daß beim Öffnen der Strom ab- und ein Entladewiderstand zugeschaltet wird.

Der Netzteil ist normal geschaltet. Als Trafokern genügt ein Schnitt M 74. Die Primärwicklung ist raumsparend ausgeführt und in zwei 110-V-Wicklungen für 0,23 A unterteilt. Hierfür sind je 625 Wdg. aus 0,34 ∅ CuL erforderlich.

Bei dem angegebenen Trafokern ergeben sich für die Sekundärwicklungen folgende Wickeldaten:

450 V/80 mA, 2800 Wdg. 0,2 ∅ CuL,
6,3 V/0,5 A, 39 Wdg. 0,5 ∅ CuL,
3 V/0,5 A, 18 Wdg. 0,5 ∅ CuL.

Der Ladekondensator setzt sich aus zwei in Reihe geschalteten Elkos C_1, C_2 zusammen, da die daran liegende Spannung etwa 550 V beträgt. Der Siebwiderstand R_3 muß so bemessen werden, daß am Siebkondensator C_3 genau 500 V vorhanden sind.

Wenn die Prüfkondensatoranschlüsse zusätzlich an Buchsen herausgeführt sind, stellt das Meßgerät eine für viele Zwecke geeignete Gleichstromquelle dar, und man hat dabei den entnommenen Strom durch das Meßwerk dauernd unter Kontrolle.

Für den KW-Amateur

KARL-HEINZ SCHUBERT

Das Grid-Dip-Meter, ein Universalmeßgerät für den Amateur

Eichung und Anwendungsmöglichkeiten

Eichen des Grid-Dip-Meters

Das Gerät wird grundsätzlich in Frequenzen geeicht. Bei der Eichung wird das Grid-Dip-Meter so lose wie möglich mit dem Frequenzmesser gekoppelt und der Interferenzton am Frequenzmesser abgehört. Zunächst werden jeweils Bereichsanfang und Bereichsende eingetrimmt, damit eine ausreichende Überlappung der einzelnen Frequenzbereiche entsteht.

Danach werden mit dem Frequenzmesser die zu eichenden Frequenzpunkte eingestellt und anschließend jeweils der Drehkondensator des Grid-Dip-Meters durchgedreht, bis der Interferenzton im Frequenzmesser hörbar ist. Dieser Interferenzton wird mit dem Drehkondensator vorsichtig auf Tonlücke (Schwebungsnull) gebracht und die dabei vorhandene Stellung des Drehkondensators auf der Skala markiert. So werden punktweise die Frequenzbereiche des Grid-Dip-Meters geeicht.

Natürlich muß man dabei darauf achten, daß man mit dem Frequenzmesser nicht Oberwellen des Grid-Dip-Meters eicht. Deshalb ist es vorteilhafter, wenn man Bereichsanfang und Bereichsende des Grid-Dip-Meters mit einem Absorptionsfrequenzmesser festlegt. Es kann natürlich auch so vorgegangen werden, daß man das Grid-Dip-Meter in der Stellung „Absorptionsfrequenzmesser" eicht. Das bedingt aber, daß der Frequenzmesser soviel Leistung abgibt, daß ein ausreichender Ausschlag am Anzeigeinstrument des Grid-Dip-Meters zu verzeichnen ist.

In der Stellung „Absorptionsfrequenzmesser" ist die Anodenspannung abgeschaltet. Das Grid-Dip-Meter erzeugt also in dieser Stellung keine Schwingungen, sondern es entzieht bei Resonanz dem Frequenzmesser Energie. Es muß also bei dieser Art Eichung nicht auf einen Interferenzton, sondern auf maximalen Zeigerausschlag des Anzeigeinstrumentes des Grid-Dip-Meters abgeglichen werden.

Steht kein Frequenzmesser für die Eichung zur Verfügung, so kann man auch einen geeichten Rundfunkempfänger oder KW-Empfänger benutzen. Zur Resonanzanzeige verwendet man beim Rundfunkempfänger das Magische Auge. Bei dem KW-Empfänger schaltet man zur Resonanzanzeige den Telegrafieüberlagerer ein und gleicht auf den entstehenden Interferenzton ab.

Eine sehr große Genauigkeit der Eichung anzustreben, wäre beim Grid-Dip-Meter verfehlt. Denn auf Grund der einfachen Oszillatorschaltung und der zum Teil ungeschützten Schwingungskreisspulen läßt sich keine zu große Anforderung an die Frequenzgenauigkeit stellen.

Die Ausführung der Skala wird je nach Bauart verschieden sein. Da man das Grid-Dip-Meter meistens in einer handlichen Form baut, ist für die Unterbringung einer mit Feinantrieb versehenen Kreis- oder Linearskala kein Platz vorhanden. Es haben sich daher zwei Skalenausführungen durchgesetzt. Erstens die Kreisskala mit beiderseitig angeordneten Halbkreis-Frequenzbereichen. Der Plexiglas-Haarstrichzeiger ist dabei fest mit der Drehkondensatorachse und dem Drehknopf verbunden, so daß keine Antriebsübersetzung vorhanden ist. Die zweite Skalenbauart verwendet einen

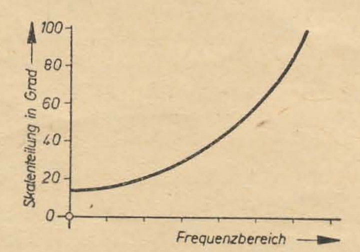


Bild 1: Prinzipbild einer Eichkurve

größeren Drehknopf, der auf einem Halbkreis eine eingravierte Skaleneinteilung von zum Beispiel 0 bis 100 enthält.

Bei dieser Art Skalenablesung benutzt man sogenannte Eichkurven (Bild 1). Dazu trägt man die Eichung in ein Koordinatensystem ein. Auf der Ordinate (Y-Achse) trägt man die Skalenwerte von 0 bis 100 auf. Auf der Abszisse (X-Achse) werden die Frequenzbereiche vermerkt. Die zu einem Frequenzbereich gehörenden eingetragenen Punkte werden miteinander verbunden, und man erhält damit die Eichkurve.

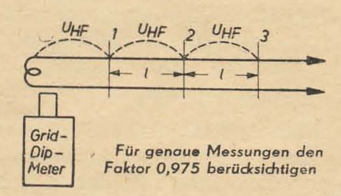


Bild 2: Lecherleitung mit drei Resonanzpunkten

Die Eichung eines im UKW-Bereich arbeitenden Grid-Dip-Meters erfolgt in einfacher Weise mit Hilfe einer Lecherleitung. Diese wird mit dem Grid-Dip-Meter gekoppelt. Mit einem verschiebbaren Kurzschlußschieber werden auf der erregten Lecherleitung nun die Punkte ermittelt, bei denen am Grid-Dip-Meter ein Zeigerausschlag erfolgt (Bild 2). Zwei aufeinanderfolgende Punkte haben einen Abstand von einer halben Wellenlänge. Die abgelesene Genauigkeit wird um so größer, je mehr Punkte man ermitteln kann. Bezeichnet man den Abstand zweier aufeinanderfolgender Punkte mit der Länge l, so erhält man die Frequenz f aus der Beziehung

$$f = \frac{300}{2 \cdot l} \text{ (f in MHz, l in m).}$$

Die auf diese Weise ermittelte Frequenz ist etwas größer als die tatsächlich vorhandene Frequenz, genügt aber den an das Grid-Dip-Meter gestellten Ansprüchen.

Das Grid-Dip-Meter ist nicht nur seines relativ einfachen Aufbaues wegen, sondern vor allem auch wegen der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten bei den Amateuren beliebt.

Anwendung als Grid-Dip-Meter

In dieser Form der Anwendung erzeugt das Grid-Dip-Meter Schwingungen. Damit kann man die Resonanzfrequenz von passiven, das heißt nicht erregten Schwingkreisen messen (Bild 3). Das sind zum Beispiel Schwingkreise in Empfängern oder nicht erregte Kreise in Senderschaltungen. Man kann also bei Messungen mit dem Grid-Dip-Meter den Empfänger oder den Sender ausgeschaltet lassen und trotzdem die Resonanzfrequenz der vorhandenen Schwingkreise bestimmen.

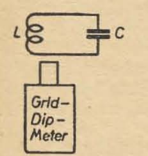


Bild 3: Messung der Resonanzfrequenz eines Schwingkreises

Zur Messung nähert man die Spule des Grid-Dip-Meters dem zu messenden Schwingkreis. Bei Resonanz zwischen dem Grid-Dip-Meter und dem Schwingkreis geht infolge des Energieentzuges der Zeigerausschlag des den Gitterstrom anzeigenden Instrumentes zurück. Bei Anwendung einer Brückenschaltung zur Anzeige der Resonanz kann je nach Polung des Instrumentes der Zeigerausschlag auch ansteigen. Die Messung der Resonanzfrequenz wird um so genauer, je loser die Kopplung zwischen Grid-Dip-Meter und zu messendem Schwingungskreis ist. Führt man Messungen an Meßobjekten mit mehreren Schwingkreisen durch, so können leicht Fehlmessungen entstehen. Um sich schnell von der Richtigkeit der Messung zu überzeugen, kann man den zu messenden Kreis mit der Handkapazität verstimmen, indem man den Schwingkreis mit dem angefeuchteten Finger berührt. Der Zeigerausschlag des Anzeigeinstrumentes muß dabei zurückgehen.

Anwendung als Absorptionsfrequenzmesser

Soll das Grid-Dip-Meter als Absorptionsfrequenzmesser arbeiten, so braucht nur die Anodenspannung abgeschaltet zu werden. Das Grid-Dip-Meter erzeugt dann keine Schwingungen mehr. Bei dieser Arbeitsweise können natürlich nur Resonanzfrequenzen von aktiven, das heißt erregten Schwingkreisen gemessen werden. Das sind zum Beispiel der Oszillatorkreis eines Empfängers oder die Abstimmkreise eines in Betrieb befindlichen Senders. Diesen erregten Schwingkreisen entzieht der Absorptionsfrequenzmesser Energie und nutzt sie nach der Gleichrichtung durch die Gitter-Katodenstrecke zur Anzeige aus.

Anwendung als modulierter Prüfsender

Wird das Grid-Dip-Meter mit einer Tonfrequenz moduliert, so kann es in gleicher Weise wie ein Prüfsender verwendet werden. Es können dann Empfängerabstimmkreise und ZF-Verstärker abgeglichen werden. Wegen der Kleinheit des Gerätes empfiehlt sich die Anwendung einer einfachen Glimmlampenschaltung zur Tonfrequenzerzeugung. In den meisten Fällen genügt auch die Benutzung des 50-Hz-Netztones. Der Abgleich eines Empfängers erfolgt in der gleichen Weise wie mit einem Prüfsender.

Anwendung als Kontrollempfänger

Soll das Grid-Dip-Meter als Kontrollempfänger benutzt werden, so wird die Anodenspannung des Grid-Dip-Meters abgeschaltet, und an die Stelle des Anzeigeinstrumentes tritt ein Kopfhörerpaar. Das Grid-Dip-Meter arbeitet jetzt als Detektorempfänger. Als Gleichrichter für die modulierte Hochfrequenz wirkt die Gitter-Katodenstrecke der Röhre. Der KW-Amateur kann jetzt die Telefoniesendungen seines Senders abhören und kontrollieren. Als Antenne wird ein Stück Draht über einen kleinen Kondensator an den Schwingkreis des Grid-Dip-Meters angekoppelt.

Anwendung als Tonfrequenzgenerator

Wird die im Grid-Dip-Meter erzeugte Tonfrequenz an eine Ausgangsbuchse gelegt, so kann man sie beispielsweise für Morseübungszwecke benutzen oder den NF-Teil eines Empfängers bzw. eines NF-Verstärkers auf seine Funktion hin überprüfen.

Anwendung als L/C-Meßgerät

Für die L- bzw. C-Messung ergeben sich zwei Meßmöglichkeiten. Einmal kann man bekannte Meßkondensatoren C_m oder bekannte Meßspulen L_m mit der unbekannten Spule L_x bzw. dem unbekannten Kondensator C_x zu einem Schwingungskreis zusammenschalten und mit dem Grid-Dip-Meter die Resonanzfrequenz messen. Unter Anwendung der umgeformten Thomsonschen Schwingungsgleichung

$$L_x = \frac{25\,300}{f^2 \cdot C} \qquad C_x = \frac{25\,300}{f^2 \cdot L},$$

(L in μH, C in pF, f in MHz)

kann dann die Größe der unbekannten Spule bzw. des unbekannten Kondensators berechnet werden. Durch Benutzen von Eichkurven lassen sich diese Messungen noch vereinfachen.

Eine zweite Meßmethode besteht darin, daß man in das Grid-Dip-Meter einen an diesen lose gekoppelten, auf zwei Resonanzfrequenzen umschaltbaren Schwingkreis einbaut. Für die C-Messung hat dieser Schwingkreis seine Resonanzfrequenz bei der höchsten Frequenz des Grid-Dipper-Oszillators. Durch Parallelschalten der zu messenden Kondensatoren verringert sich die Resonanzfrequenz des angekoppelten Schwingkreises. Der neue Resonanzpunkt mit dem Grid-Dip-Meter ist dann ein Maß für die Größe der Kapazität des zu messenden Kondensators. Das Grid-Dip-Meter kann also neben seiner Frequenzeichung auch in Kapazitätswerten geeicht werden. Die größte zu messende Kapazität ergibt sich aus der niedrigsten Frequenz des Grid-Dip-Meter-Oszillators. Für die L-Messung besitzt der eingebaute Schwingkreis seine Resonanzfrequenz bei der kleinsten Frequenz des Grid-Dipper-Oszillators. Durch Parallelschalten der zu messenden Spulen erhöht sich die Resonanzfrequenz. Je größer die Induktivität der zu messenden Spule ist, um so kleiner ist die Verstimmung des eingebauten Schwingkreises. Die größte meßbare Induktivität ergibt sich aus der Überlegung, welche Frequenzverstimmung noch eindeutig ablesbar ist.

Messung an Antennen und Leitungen

Bei Antennenmessungen wird das Grid-Dip-Meter mit der Antenne gekoppelt (Bild 4). Da die Antenne einen offenen

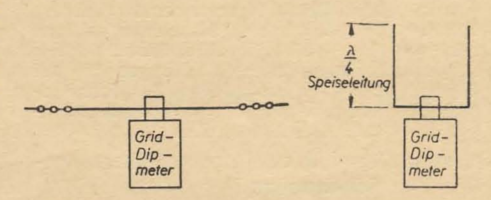


Bild 4 (links): Messung der Eigenresonanz einer Antenne

Bild 5 (rechts): Messung an einer abgestimmten Speiseleitung

Schwingkreis darstellt, ist darauf zu achten, daß nicht nur die Eigenresonanz der Antenne vom Grid-Dip-Meter angezeigt wird, sondern daß auch die Harmonischen der Grundwelle einen Zeigerausschlag ergeben. Auf die gleiche Art und Weise werden auch Leitungsresonanzen und abgestimmte Speiseleitungen gemessen (Bild 5).

Feldstärkebestimmung

Einfache Feldstärkebestimmungen zum Ausmessen von Richtdiagrammen abgestimmter Antennen erhält man bei Verwendung des Grid-Dip-Meters als Absorptionsfrequenzmesser. Durch Ankoppeln einer Behelfsantenne läßt sich die Empfindlichkeit zur Feldstärkeanzeige verbessern. Die Modulation kann mit dem Kopfhörer abgehört werden.

Anwendung zum relativen Gütevergleich

Man erhält relative Gütevergleiche, wenn man den gleichen Grad der Kopplung zwischen Grid-Dip-Meter und den Meßobjekten einhält. Der unterschiedliche Zeigerausschlag des Anzeigeinstrumentes ist ein Maß für die relative Güte der Spule, des Kondensators oder des ganzen Schwingkreises.

Je nach Verwendungszweck wird man Netz- oder Batteriebetrieb vorsehen. Vorzuziehen ist der Batteriebetrieb, da man dann mit dem Grid-Dip-Meter beweglich ist. Bei Batterieröhren ist die Verwendung einer zweiten Röhre als Gleichspannungsverstärker angebracht. Man erspart sich dabei die Anschaffung eines teuren empfindlichen Anzeigeinstrumentes.

Gedruckte Schaltungen

Am 3. Mai 1956 hielt Herr Direktor Mantz von Telefunken, Hannover, vor Vertretern der Fachpresse einen Vortrag über „gedruckte Schaltungen". Seine Ausführungen waren gerade deshalb interessant, weil Direktor Mantz erst vor kurzem in den USA besonders die Fragen der gedruckten Schaltungen und der Automation[1]) studierte. So beschäftigte sich der Vortrag von Direktor Mantz auch vor allem mit den Ergebnissen seiner USA-Reise.

Als „gedruckte Schaltungen" bezeichnet man die Herstellung von Leitungen und Leitungszügen auf einer Isolierplatte durch mechanische oder chemische Methoden, wobei die bisher übliche Verdrahtung entfällt. Die gedruckten Schaltungen bilden also einen Teil der Automation in der Fertigung elektronischer Geräte.

Automation ist nicht nur der Begriff für den großen Roboter, nicht nur für eine Maschine oder einen Automaten, sondern für eine Verkopplung zwischen Mensch und Maschine. Denn die Voraussetzung für automatische Arbeitsabläufe ohne menschliche Direktbedienung sind die Entwicklung, Normung und besondere Konstruktion nicht nur der Maschinen, sondern auch der zu verwendenden Einzelteile. Vor der Anwendung gedruckter Schaltungen in der Produktion ist ein eindeutiges Entwicklungskonzept auszuarbeiten und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens festzustellen.

Verschiedene Herstellungsverfahren gedruckter Schaltungen

Das Stanzverfahren verwendet eine mit einem Klebemittel bestrichene Kupferfolie, aus der nach dem Trocknen der gewünschte Leitungszug durch einen geheizten Stempel herausgeschnitten und auf eine Hartpapierplatte geklebt wird.

Beim Schoopschen Verfahren wird Metall, zum Beispiel Kupfer, im Lichtbogen zerstäubt und unter Druck auf eine Isolierplatte gespritzt. Deckt man die frei gewünschten Stellen durch eine Maske entsprechend ab, so erhält man die benötigten Leitungszüge auf der Hartpapierplatte.

Das Silberpreßverfahren beruht darauf, daß eine Schicht Silberpulver auf eine Hartpapierplatte gestreut und mit einem beheizten Metallstempel, der den Leitungszug trägt, angepreßt wird.

Die bisher beschriebenen Methoden finden in der Praxis kaum noch Anwendung. Hier bedient man sich zumeist der beiden folgenden Verfahren.

Beim Ätzverfahren wird der gewünschte Leitungszug mit einer gegen die verwendete Ätzlösung immunen Schutzfarbe auf ein mit 35 μ starker Kupferfolie kaschiertes entfettetes Hartpapier gedruckt. Nach einem Trockenprozeß bringt man die Platten in einer automatischen Anlage zunächst in ein Ätzbad, in dem die nichtbedruckten Kupferflächen herausgeätzt werden, so daß nur die Leitungszüge stehenbleiben. Nach der anschließenden Behandlung in mehreren Spülbädern werden die Platten mit den notwendigen Löchern und Durchbrüchen versehen.

Beim galvanischen Verfahren wird die Oberfläche der verwendeten Hartpapierplatte angerauht, die Platte gelocht und dann gereinigt. Zunächst wird sie auf beiden Seiten mit einem Kleber versehen und anschließend mit einer Silberlösung gespritzt. Nach dem Trocknen werden die nicht als Leitungszug gewünschten Flächen (also umgekehrt wie beim Ätzverfahren) im Siebdruckverfahren bedruckt. In einem galvanischen Bad wird der nicht bedruckte Teil (also der gewünschte Leitungszug) elektrolytisch verstärkt und die restlichen Kleber-, Silber- und Farbüberzüge abgewaschen. Vorteilhaft bei diesem Verfahren ist, daß die vorher gestanzten Löcher ebenfalls mit Kupfer überzogen werden, so daß Durchgangsverbindungen zwischen beiden Seiten entstehen.

Bestückung der gedruckten Schaltungen

Die Bestückung der gedruckten Platten mit Einzelteilen (Kondensatoren, Widerständen, Röhrenfassungen usw.) erfolgt durch Hand oder durch Maschinen. Im letzteren Fall spielt neben der elektrischen besonders die mechanische Maßhaltigkeit der Einzelteile eine große Rolle. Bei schlechter Maßhaltigkeit sind erhebliche Ausfälle durch Fehlbestückung zu erwarten. Direktor Mantz sah in den USA zum Beispiel 45 Maschinen hintereinander geschaltet, für die man aber ebensoviel Bedienungspersonal benötigte, um die sich an den Maschinen ergebenden Fehler zu korrigieren.

Ein Beispiel erläuterte dies. Auf einer rotierenden großen Trommel waren mit Hilfe eines Klebebandes Widerstände aufgereiht, deren Drahtenden eine andere Maschine vorher rechtwinklig abgebogen hatte. Die Drahtenden wurden dann, wenn sich die Trommel mit dem betreffenden Widerstand über der gedruckten Platte befand, durch die Löcher der Grundplatte gesteckt und durch eine weitere Maschine rechtwinklig unten abgebogen, so daß sie dann mit der Grundplatte verlötet werden konnten. Bis zur Verlötung werden die Einzelteile jeweils durch federnde Anschlußfahnen in ihrer Haltung fixiert. Voraussetzung für ein einwandfreies Funktionieren ist aber die Maßhaltigkeit der verwendeten Bauelemente auf Bruchteile eines Millimeters, damit die Drahtenden auch tatsächlich durch die gestanzten Löcher der Grundplatte eingefädelt werden. Das ist aber oft nicht der Fall, so daß der Mensch hier korrigierend eingreifen muß.

Tauchlötverfahren

Beim Tauchlöten kommt die bestückte Platte mit ihrer Unterseite (die Einzelteile sind alle auf der Oberseite angeordnet) zunächst in ein Flußmittelbad und dann in zwei Lötzinnbäder. Das kann sowohl von Hand als auch maschinell auf Transportwagen erfolgen. Nachteilig ist dabei, daß meist alles Metall, also alle Leitungszüge, verzinnt wird. Um den hohen, das Verfahren verteuernden Zinnverbrauch zu senken und aus verschiedenen anderen technischen Erwägungen, werden nichtzulötende Flächen zweckmäßig durch Schablonen oder Schutzlacküberzüge abgedeckt.

Abgleich- und Prüfeinrichtungen

In den USA sind weiterhin elektronisch arbeitende Abgleich- und Prüfeinrichtungen eingesetzt, für deren Entwicklung allerdings mehrere Jahre erforderlich waren.

Die Wirtschaftlichkeit der gedruckten Schaltungen

Die Verdrahtung, Löt-, Prüf- und Revisionsarbeit ergeben bei den gedruckten Schaltungen eine Ersparnis von etwa 35% im Vergleich zum klassischen Verfahren. Dem stehen aber eine Verteuerung der Vorbereitung, teurere Einzelteile durch erhöhte Präzision und teilweise höhere Materialkosten gegenüber, so daß sich nach dem gegenwärtigen Stande die gesamten Selbstkosten nur um etwa 1% verringern würden. In den USA rechnet man, daß durch die Automation etwa 10% der Arbeitskräfte eingespart werden können. Die Fortschritte in der Automation in den USA dürften vor allem durch die Kriegsindustrie bedingt sein. Da der Lohnanteil in den USA höher ist als in Europa und die Rohstoffe und das Material billiger sind, wirken sich eine Einsparung von Arbeitskräften und Senkung des Lohnkontos dort stärker aus als in Europa. Auch bei Telefunken sieht man in der gedruckten Schaltung und in der Automation eine Technik mit ernsten technischen Problemen und starker volkswirtschaftlicher Bedeutung.

F. Kunze

[1]) Automation ist der in England und Amerika übliche Ausdruck für Automatisierung; er wird auch in der westdeutschen Literatur in steigendem Maße verwendet.

Leipziger Herbstmesse 1956

Wir bitten alle Aussteller der Rundfunk-, Fernseh- und elektronischen Industrie, unserer Redaktion bis zum 15. 8. 1956 einen kurzen und sachlichen Bericht über die von ihnen gezeigten Neuheiten zur Verfügung zu stellen. Bei späterem Eingang ist die Veröffentlichung im Messeheft (Heft 19) nicht mehr gewährleistet. *Die Redaktion*

Neue Telefunkenröhren für Richtfunkverbindungen

Nach einem Vortrag von Dr. Lothar Brück am 30. April 1956 in Hannover

Mit dem Ausbau des Richtfunknetzes wurden zur Verstärkung breiter Frequenzbänder (bis 30 MHz Bandbreite) neue Röhrentypen erforderlich. Von ihnen mußten ein möglichst hohes S/C-Verhältnis und für einen zuverlässigen Betrieb der Strecke eine lange Lebensdauer gefordert werden. Telefunken entwickelte die Röhren EF 802 und EL 803, von denen die EF 802 als ZF-Röhre in den Telefunkenanlagen TV/2000 zur Übertragung der Fernsehsendung über frequenzmodulierten Träger und in den PPM/24-Geräten zur Übertragung von Gesprächen bestimmt ist. Beide Geräte arbeiten im 2000-MHz-Gebiet. Als weitere Leistungsröhre für Breitbandverstärker, insbesondere für Oszillografen, brachte Telefunken die Röhre EL 804 heraus.

Für die Geräte mit 24, 120 und 240 Kanälen sind Röhren mit größerer Steilheit und kleineren Kapazitäten notwendig. Das Ziel ist, 1000 Gespräche zu übertragen. Eine wirklich zuverlässige Übertragung bedingt aber die Entwicklung einer Breitbandverstärkerröhre und eine Oszillografenröhre mit größter Genauigkeit und Linearität. Auch für entsprechende Meßgeräte muß gesorgt werden.

Die letzten Stufen der Richtfunkgeräte arbeiten auf Frequenzen im 2000-MHz-Gebiet. Hierfür wurden die Mikrowellentrioden 2 C 39 A — eine 20-W-Leistungstriode — und die 2 C 40 — eine 100-mW-Oszillatortriode bis zu 3000 MHz — entwickelt. Beide Röhren sind mit den entsprechenden amerikanischen Typen austauschbar.

Bei Röhren mit Dichtesteuerung kommt man ohne weiteres bis zu 4000 MHz herunter (zum Beispiel mit der 460 A: 9 dB Verstärkung). Die Verstärkung nimmt aber bei derartigen Mikrowellen sehr schnell ab. Solche Röhren sind zum Beispiel im Kabel Amerika—Europa. In Zukunft wird man für diese Zwecke Transistoren verwenden.

In nächster Zeit werden für Richtfunkverbindungen Wanderfeldröhren eingesetzt. Von Telefunken sind zwei Typen zu nennen: die TL 4 für das Frequenzgebiet von 1500 bis 2700 MHz ($V = 30$ dB bei $\mathfrak{N} = 10$ bis 12 W, $V \geq 40$ dB bei kleineren Signalen) und die TL 6 für das Frequenzgebiet von 3000 bis 4500 MHz ($V = 30$ dB bei $\mathfrak{N} = 4$ bis 5 W, $V \geq 40$ dB bei kleinerer Aussteuerung).

Als Oszillator und Modulator wurde für das Gebiet von 3200 bis 4600 MHz ein Reflexklystron entwickelt, das bei 4000 MHz 4 W Leistung abgibt und durch Ändern der Reflektorspannung um 60 MHz verstimmt werden kann. Bei 7000 bis 10000 MHz verwendet man, zum Beispiel für Radar, zur Teilchenbeschleunigung und zur Atomzertrümmerung, Magnetrons für Impulstastung (bis zu 10 MW!).

F. Kunze

Dipl.-Ing. B. WAGNER

Grundbegriffe der Regelungstechnik

Zum Erreichen des gewaltigen Aufschwungs der Produktivkräfte im Zuge der Durchführung der Forderung des zweiten Fünfjahrplanes nach Modernisierung unserer Industrie ist die Anwendung der Regelungstechnik von entscheidender Bedeutung. Mit dem vorliegenden Beitrag, der die erweiterte Fassung eines Vortrages vor der Kammer der Technik darstellt, beginnen wir eine Fortsetzungsreihe über die Grundbegriffe und Anwendungsmöglichkeiten der Regelungstechnik.

Die Beherrschung eines technischen Vorganges setzt eine meßtechnische Überwachung der Betriebsgrößen (Temperatur, Druck, Menge, Drehzahl, Spannung, Leistung usw.) voraus, an Hand deren zweckentsprechende Eingriffe an den Stellgliedern der Anlage vorgenommen werden. Während in der ersten Stufe der Entwicklung die Überwachung und Einstellung durch den Menschen selbst erfolgt, führt die Entwicklung der Technik mehr und mehr zu selbsttätigen Anlagen, welche die Regelvorgänge automatisch ausführen.

Während die Anwendungsgebiete der Regelungstechnik außerordentlich vielseitiger Art sind, sei es beispielsweise in einer Dampferzeugungsanlage die Regelung des Druckes, der Temperatur, des Speisewassers, des Verbrennungsvorganges, bei einer Turbine oder einem Motor der Drehzahl oder der Leistung, bei einer Werkzeugmaschine der Vorschubgeschwindigkeit oder sei es die Kursregelung eines Schiffes oder eines Flugzeuges, so ist doch allen diesen Regelaufgaben immer die gleiche grundsätzliche Aufgabe gemeinsam: auf Grund von Messungen der zu regelnden Größe ist diese mit einem vorgegebenen Wert in Übereinstimmung zu bringen und zu erhalten, unabhängig von äußeren Einflüssen.

Schon aus diesen wenigen Beispielen geht die für die Regelungstechnik charakteristische und in keinem anderen Zweig der Technik in diesem Umfange anzutreffende Vielseitigkeit hervor. Der Regelungstechniker muß einmal die Regelungslehre selbst in Theorie und Praxis beherrschen und außerdem das Anwendungsgebiet der Regelung so gut überblicken, daß er weiß, wo und mit welchen Mitteln der Regler anzugreifen hat. Es kann nicht oft und nicht eindringlich genug betont werden, daß der Regler kein selbständiges Gerät ist, sondern immer im Zusammenhang mit der zu regelnden Anlage betrachtet werden muß. Außerdem muß natürlich die gerätemäßige Ausführung des Reglers — und es gibt, wie wir noch sehen werden, hierbei außerordentlich viele Varianten — ebenfalls beherrscht werden.

Zur Veranschaulichung diene ein kurzer Überblick über die Möglichkeiten einer Temperaturregelung. Bei Heizungen mit Dampf oder Gas wendet man mit gutem Erfolg direkt wirkende Regler an, wobei die Temperaturmessung durch die Ausdehnung einer Flüssigkeit erfolgt, die über ein Federrohr auf das Ventil übertragen wird. Noch einfacher ist die bekannte Ausführung des Reglers am Heizungskessel (Bild 1). Auch eine elektrische Anordnung unter Verwendung eines Kontaktthermometers (Bild 2) arbeitet recht zufriedenstellend. Bei gesteigerten Ansprüchen, besonders hinsichtlich der Genauigkeit, wird zur Temperaturmessung ein Thermoelement in Verbindung mit magnetischen oder elektronischen Verstärkern (Bild 3) verwendet, die entweder selbst die Heizleistung liefern oder bei Gas- oder Dampfheizung ein Ventil bzw. eine Klappe verstellen (Bild 4). Bei noch höheren Ansprüchen greift man zu einer fotoelektrischen Vorverstärkung, etwa beim Regelux von Hartmann & Braun (Bild 5) oder beim elektropneumatischen Regler des Meßgerätewerks Quedlinburg (Bild 6). Schließlich sei auch das neuzeitliche Verfahren der induktiven Erwärmung angeführt, bei der die Temperaturregelung durch pyrometrische Messung und Verstellung der HF-Energie oder — bei Strichhärtungen — durch Änderung der Vorschubgeschwindigkeit mit Hilfe eines Stromtorverstärkers erfolgt (Bild 7).

Während eine einigermaßen vollständige Behandlung der zahlreichen Anwendungsgebiete der Regelungstechnik nicht nur den Rahmen dieser Zeilen weit überschreiten würde, sondern überhaupt einen Querschnitt durch fast die gesamte Technik darstellen müßte, soll in den folgenden Ausführungen ein Überblick über die theoretischen und praktischen Eigenschaften der Regler gegeben werden, wobei allerdings auch hier in Anbetracht der großen Fülle des Stoffes eine erhebliche Beschränkung auferlegt werden muß.

Einstellen, Steuern, Regeln

Da der Begriff „Regeln" oft in einer Bedeutung angewendet wird, die der oben gegebenen Definition nicht entspricht, sei zunächst eine Klärung der Begriffe vorausgeschickt. Wenn an einem Spannungsteiler die abgegriffene Spannung eingestellt, an einer Dampfheizung das Ventil verstellt oder am Rundfunkempfänger die Lautstärke verändert wird, so wird das zwar meist als „Regeln" bezeichnet, ist aber lediglich ein Einstellen.

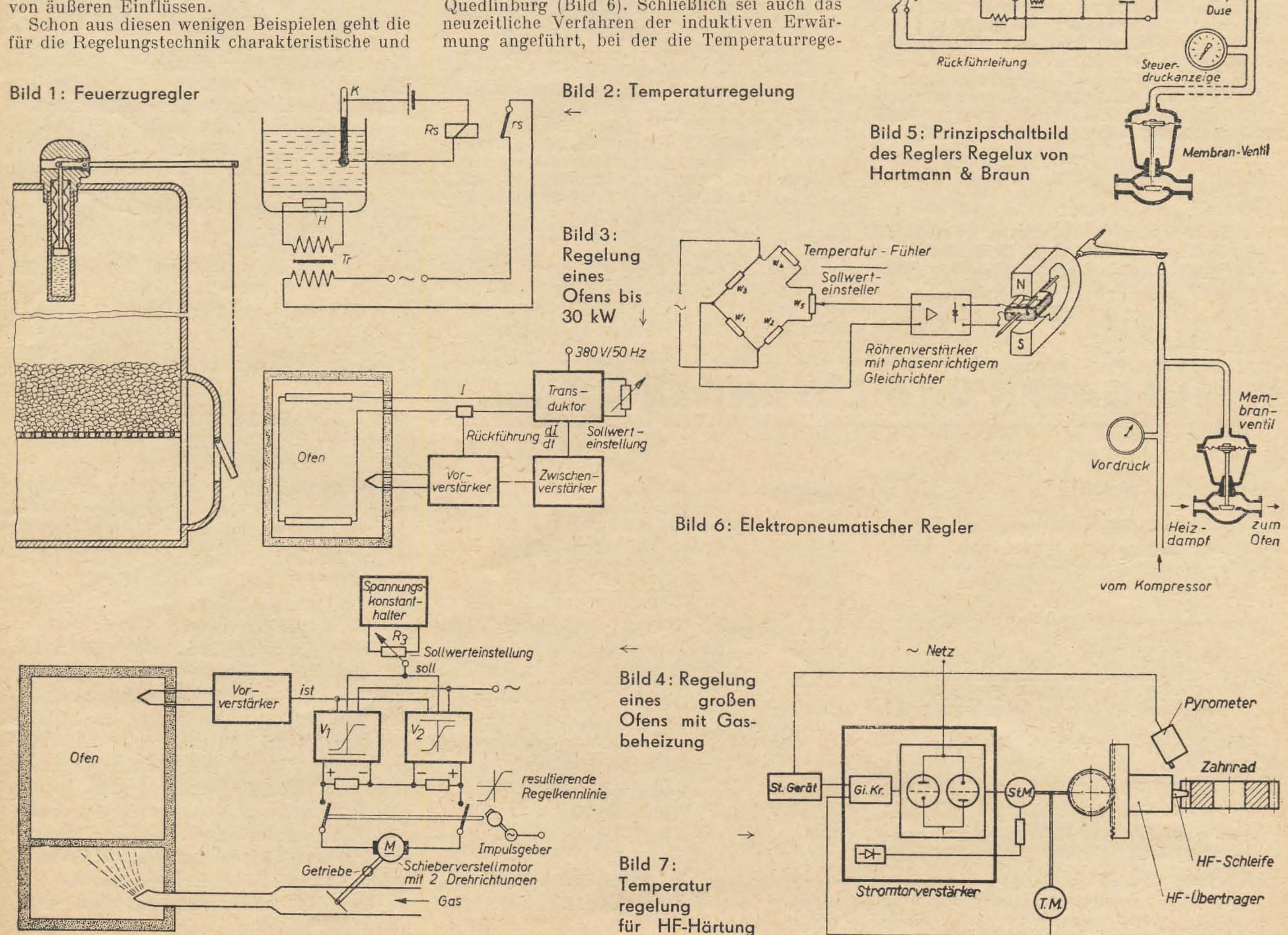


Bild 1: Feuerzugregler

Bild 2: Temperaturregelung

Bild 3: Regelung eines Ofens bis 30 kW

Bild 4: Regelung eines großen Ofens mit Gasbeheizung

Bild 5: Prinzipschaltbild des Reglers Regelux von Hartmann & Braun

Bild 6: Elektropneumatischer Regler

Bild 7: Temperaturregelung für HF-Härtung

Anders sieht es aus, wenn man in einer Anlage die Eingangsgröße mißt und danach eine entsprechende Verstellung vornimmt. Es sei zunächst angenommen, daß die Auswirkung des Verstellens selbst durch Messung nicht erfaßt werde. Ein Beispiel möge das veranschaulichen: An einem elektrisch beheizten Ofen wird der Heizstrom gemessen und verstellt. Dann kann man auf Grund von Erfahrungswerten sagen, bei einem Strom I_1 erhalte ich eine Temperatur ϑ_1 im Ofen, bei einem Strom I_2 eine Temperatur ϑ_2 usw. Eine solche Anlage wird in vielen Fällen ausreichend sein, stellt aber keine Temperaturregelung, sondern eine Steuerung dar. Wird jedoch die gleiche Größe gemessen und durch das Stellglied entsprechend dem Meßwert beeinflußt, so spricht man von einer Regelung. Betrachtet man also im ebenerwähnten Beispiel den Strom, so handelt es sich um eine Regelung, und zwar um eine Stromregelung.

Ein anschauliches Beispiel aus der Rundfunktechnik dürfte den Unterschied zwischen Regeln und Steuern vielleicht am treffendsten kennzeichnen. Bei der „Schwundregelung" (auch dieser Ausdruck ist nicht korrekt, es müßte besser Verstärkungsregelung heißen) spricht man vielfach von der sogenannten „Vorwärtsregelung" und der „Rückwärtsregelung". Im ersten Falle (Bild 8) wird an geeigneter Stelle die HF-Spannung gemessen (allerdings nicht mit einem Instrument; der Spannungsabfall an einem Widerstand wird dazu benutzt, um die Gitterspannung und damit die Verstärkung der nächstfolgenden Röhre zu verändern). Es wird also die Spannung U_1 der ersten Stufe gemessen und die Spannung U_2 der zweiten Stufe verändert. Es liegt demnach eine Steuerung vor. Bei einer „Rückwärtsregelung" (Bild 9) dagegen wird die HF-Spannung dazu benutzt, um die Verstärkung der davorliegenden Röhre zu verändern, und zwar so, daß die Meßspannung dem verlangten Wert entspricht; es wird also die gleiche Größe (U_1) gemessen und durch die Verstellung beeinflußt. Hier handelt es sich demnach wirklich um eine Regelung.

Die Voraussetzungen einer Regelung sind gegeben, wenn die zu regelnde Größe fortlaufend gemessen und in Übereinstimmung mit dem verlangten Wert, dem Sollwert, gehalten wird. Es sei hierzu auf das sehr ausführliche Normblatt DIN 19 226 hingewiesen, das sozusagen den Extrakt eines Lehrbuches der Regelungstechnik darstellt und das die Begriffe an Hand zahlreicher Beispiele näher erläutert. Es kann jedem nur wärmstens empfohlen werden, der sich mit der Regelungstechnik näher beschäftigen will.

Hierin ist die Definition einer Regelung folgendermaßen angegeben:

„Die Regelung ist ein Vorgang, bei dem der vorgegebene Wert einer Größe fortlaufend durch Eingriff auf Grund von Messungen dieser Größe hergestellt und aufrechterhalten wird."

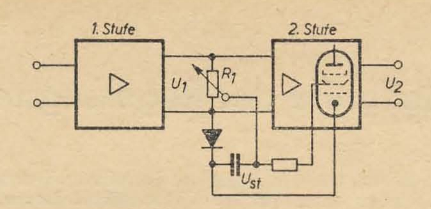


Bild 8: „Vorwärtsregelung" (Steuerung)

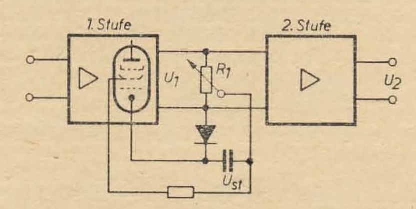


Bild 9: „Rückwärtsregelung" (Regelung)

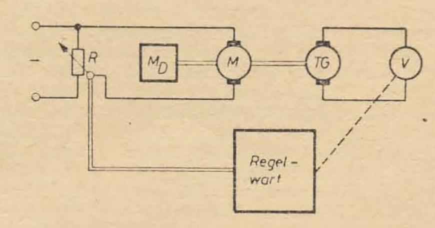


Bild 10: Drehzahlregelung von Hand

Aus diesem Satz lassen sich alle Voraussetzungen ableiten, die eine Regelung charakterisieren:

1. Die zu regelnde Größe (Regelgröße) muß fortlaufend gemessen werden (Meßwerk mit Fühler).
2. Der gemessene Wert (Istwert) muß mit dem vorgegebenen Wert, der Führungsgröße bzw. dem Sollwert (es wird von Führungsgröße gesprochen, wenn es sich um einen laufend veränderlichen Sollwert handelt, beispielsweise bei der Gleichlaufregelung zweier Wellen), verglichen werden (Regelwerk).
3. Die festgestellte Abweichung zwischen Regelgröße und Führungsgröße, die Regelabweichung, wird, falls erforderlich, verstärkt und in eine zur Leistungsabgabe am Stellglied geeignete Größe umgewandelt (Verstärker mit Kraftschalter).
4. Die Ausgangsgröße des Reglers wird dem Stellglied zugeführt, das einen Eingriff in die Regelstrecke mit dem Ziel einer Verkleinerung der Regelabweichung vornimmt.

Ziehen wir wieder ein einfaches Beispiel heran: Die Drehzahl einer durch einen Gleichstrommotor angetriebenen Maschine soll konstant gehalten werden. Zur Messung der Drehzahl ist ein Tachogenerator TG mit der Welle verbunden, dessen Spannung der Drehzahl proportional ist. Die Einstellung der Drehzahl des Motors erfolgt hier mit Hilfe eines Spannungsteilers R, der durch eine feste Gleichspannung gespeist wird (Bild 10).

Dann besteht die Aufgabe der Regelung darin, am Spannungsmesser V, der direkt in Drehzahlen geeicht wird, die Istdrehzahl abzulesen, wobei wir uns zunächst vorstellen, daß diese Aufgabe von einem Menschen ausgeführt wird, den wir Regelwart nennen wollen. Der Regelwart vergleicht die abgelesene Drehzahl mit dem ihm vorgeschriebenen Sollwert und stellt fest, ob sie richtig liegt oder ob er eingreifen muß. Entsprechend der Größe und der Richtung einer Abweichung wird er dann den Widerstand so verstellen, daß die Drehzahl schließlich den vorgegebenen Wert erreicht. Der Regelwart hat also die Aufgabe, den Meßwert abzulesen, ihn mit dem Sollwert zu vergleichen und das Stellglied zu betätigen. Die Regelung durch einen Menschen (Handregelung) entspricht aber nicht dem Ziel der Regelungstechnik. Es wird vielmehr eine selbsttätige Regelung verlangt.

Wird fortgesetzt

Fernsehkamera stiehlt Filmbild

In Zusammenarbeit mit der Firma Frieseke & Hoepfner, Erlangen, wurde von den Grundig Radio-Werken, Fürth/Bayern, eine „Fernauge"-Anlage geschaffen, mit der Ausschnitte aus dem laufenden Filmprogramm zur Werbung, zum Beispiel auf Bildschirmen im Schaukasten und Foyer des Filmtheaters, wiedergegeben werden können. Vor der Optik des Filmprojektors wird dazu ein kleiner halbdurchlässiger Spiegel angeordnet, dessen Reflexlicht man nach außen führt, wobei es auf die Optik der Fernsehkamera trifft. Diese geringe Lichtmenge reicht aus, um auf der Fernseh-Aufnahmeröhre (Vidikon) den notwendigen fotoelektrischen Effekt zu erzielen und das Fernauge den Film in allen Einzelheiten aufnehmen zu lassen; die Wiedergabe ist auf beliebig vielen Bildschirmen möglich. Derart können Filme, die in Krankenhäusern, auf Schiffen oder in Hotels vorgeführt werden, gleichzeitig über den Bildschirm zum Betrachten in andere Räume gebracht werden.

(Aus „Der Volkswirt" Nr. 25 vom 23. 6. 1956)

AUFGABEN UND LÖSUNGEN

Bearbeitet von HANS SUTANER

Lösung der Aufgabe 1

$I_q = 4 \cdot 2\ \text{mA} = 8\ \text{mA}$

$$R_1 = \frac{U_a - U_{g2}}{I_q} = \frac{250\ \text{V} - 90\ \text{V}}{8\ \text{mA}}$$

$$= \frac{160\ \text{V}}{8\ \text{mA}} = 20\ \text{k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_{g2}}{I_q - I_{g2}} = \frac{90\ \text{V}}{8\ \text{mA} - 2\ \text{mA}}$$

$$= \frac{90\ \text{V}}{6\ \text{mA}} = 16\ \text{k}\Omega$$

$N = I^2 \cdot R$

Belastung von R_1:

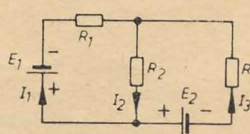
$N = 64 \cdot 10^{-6}\ \text{A}^2 \cdot 20 \cdot 10^3\ \Omega$
$= 1{,}28\ \text{W} \approx 2\ \text{W}$

Belastung von R_2:

$N = 36 \cdot 10^{-6}\ \text{A}^2 \cdot 15 \cdot 10^3\ \Omega$
$= 0{,}54\ \text{W} \approx 1\ \text{W}$

Aufgabe 2

In untenstehender Schaltung sind die Ströme I_1, I_2 und I_3 zu berechnen.



Gegeben sind: $E_1 = 100\ \text{V}$
$E_2 = 50\ \text{V}$
$R_1 = 100\ \Omega$
$R_2 = 300\ \Omega$
$R_3 = 400\ \Omega$

Die inneren Widerstände der Batterien werden in der Rechnung nicht berücksichtigt.

Fortsetzung von Seite 451

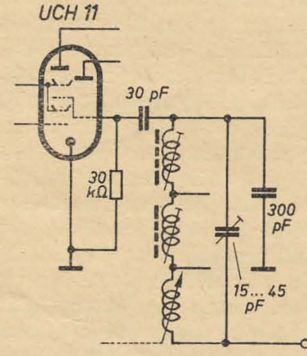
komponenten — gemäß dem rechtwinkligen Koordinatensystem — enthalten sind, auszusenden, werden sie in codierte Impulse umgesetzt. Am Ausgang stehen kurze Tonimpulse, mit denen der Träger moduliert wird. Der Signalgeber erzeugt dem Synchronisationsgemisch des Fernsehens ähnliche Impulse, die in die kurzen Tonimpulse eingeblendet werden. Ein empfangenes Signal wiederum durchläuft den umgekehrten Weg.

Die Radarergebnisse, Zeit- und andere Impulse gehen nicht nur über das Unterwasserkabel, sondern werden auch über andere Übertragungsorgane gesendet. Ausgedehnte Hoch-, Ultrahoch- und Höchstfrequenzsysteme gewährleisten kurze und weitreichende Verbindungen. Sender mit Richtantennen verbinden die einzelnen Tochterstationen mit der Mutterstation von Cape Canaveral. Ultrakurzwellen- und Höchstfrequenzsender bewirken die Verbindung von Station zu Station und vom Boden zum Luftraum.

Ein interessanter Fehler beim „Sonneberg 65/52 GW"

Wohl jeder Fachmann in einer Rundfunkreparaturwerkstatt hat es bereits erlebt, daß Geräte, die keinen Empfang gaben, beim Messen und Prüfen plötzlich wieder arbeiteten. Nach kurzer Zeit ist die Freude aber wieder vorbei, und die gesammelten Erfahrungen versagen, da alle meßbaren Werte stimmen bzw. beim Messen der Empfang wieder einsetzt. Wie nahe mitunter in derartigen Fällen die Ursache liegt, zeigt das folgende Beispiel eines am Super „Sonneberg 65/52 GW" aufgetretenen Fehlers:

Die drei KW-Bereiche arbeiteten einwandfrei, während die MW- und LW-Bereiche keinen Empfang zeigten. Es konnten keinerlei Kontaktfehler am Wellenschalter festgestellt werden. Bei der nachfolgenden Messung setzte der Empfang plötzlich ein; dieselbe Wirkung ergab sich beim kurzzeitigen Ein- und Ausschalten des Gerätes. Nach jeder Umschaltung Mittel-Kurz oder Mittel-Lang setzte der Empfang auf den genannten Bereichen wieder vollständig aus. Eine nochmalige

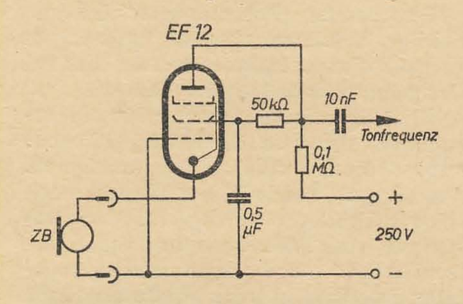


gründliche Überprüfung des Wellenschalters blieb ohne Erfolg. Es wurde lediglich festgestellt, daß beim Berühren einer beliebigen Stelle der Plusleitung mit der Prüfspitze des Multizet der Empfang einsetzte. Der Verdacht fiel nun auf einen Kondensator, der wohl durch einen Spannungsstoß wieder seine Kapazität erhielt. Diese Vermutung bestätigte sich, als beim Überbrücken des 30-pF-Gitterkondensators Mittel- und Langwellenbereich arbeiteten. Der defekte 30-pF-Kondensator wurde ausgewechselt, worauf das Gerät auf allen Bereichen wieder einwandfrei spielte.

H. Wagner, Ottendorf Kr. Sebnitz 32

Einfacher Mikrofonverstärker für Kohlemikrofone

Das Bild zeigt die Schaltung eines einfachen Mikrofonverstärkers. Ein Kohlemikrofon (ZB-Kapsel) liegt im Katodenkreis einer als Gitterbasisstufe geschalteten Pentode und steuert diese durch die Schwankungen des Katodenstromes im Rhythmus der auftreffenden Schallwellen. Man kommt ohne Eingangsübertrager aus und benötigt keine besondere Mikrofonbatterie. Durch exakte Ermittlung der für die jeweils verwendete Röhre benötigten Anoden- und Schirmgitterwiderstände erreicht man eine gute Verstärkung. Die



Schaltung, die in ihrer Unkompliziertheit wohl nicht mehr zu unterbieten ist, dürfte vielen Bastelfreunden neue Anregungen zur Beschäftigung mit Mikrofonen geben.

Eberhard Becker, Königstein

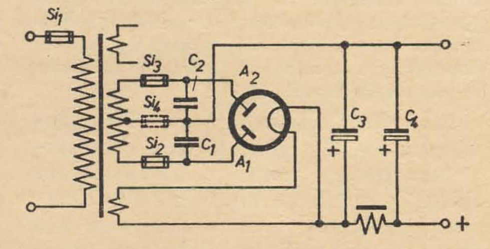
Schutz des Netztransformators durch richtige Anordnung der Sicherungen

In einigen defekten Empfängern mit durchgebrannter Sekundärwicklung des Netztransformators, der sowohl primär- als auch sekundärseitig abgesichert war, hatte die an falscher Stelle eingebaute Sicherung auf der Sekundärseite im Zusammenwirken mit einem schadhaften Kondensator das Durchbrennen der Wicklung zur Folge. In den betreffenden Fällen war der Transformator primär durch Si_1, sekundär durch Si_4 in der Mittelanzapfung der Anodenwicklung (im Bild gestrichelt gezeichnet) abgesichert.

Ein Versagen der Anodenstromsicherung Si_4 lag in keinem einzigen der untersuchten Fälle vor, sie war stets durchgebrannt. Durchgeschlagene Elektrolytkondensatoren der Siebkette allein wurden bei verkohlten Trafos mit Anodensicherung nicht vorgefunden, immer war in diesem Falle auch einer der Beruhigungskondensatoren C_1 bzw. C_2 durchgeschlagen und der Heizfaden der Gleichrichterröhre durchgebrannt. In anderen Fällen waren sowohl die Gleichrichterröhre als auch die Siebkondensatoren noch intakt, dagegen beide Beruhigungskondensatoren C_1 und C_2 durchgeschlagen.

Schlägt ein Siebkondensator durch und bildet Kurzschluß, dann schmilzt die Sicherung Si_4 sofort ab, unterbricht den Stromkreis, und es kann kein weiterer Schaden entstehen. Schlägt nun einer der beiden Beruhigungskondensatoren, zum Beispiel C_1, durch, dann wird die Anodensicherung Si_4 auch sofort durchbrennen, während die Sicherung Si_1 intakt bleibt. Die Mittelanzapfung des Transformators ist nunmehr unterbrochen, dafür liegt das untere Ende der Sekundärwicklung des Transformators über den defekt gewordenen Kondensator C_1 galvanisch an der Minusleitung. Der zweite Beruhigungskondensator C_2 erhält jetzt die doppelte Anodenwechselspannung, und zwar die Spannung der beiden hintereinanderliegenden Wicklungshälften, das sind mindestens zweimal 250 bis 300 V, also 500 bis 600 V Wechselspannung. Dieser Belastung ist der Kondensator nicht lange gewachsen. Wird der Kondensator defekt, ehe anderswo ebenfalls ein Schaden entsteht, so ist die gesamte Anodenwicklung über die beiden zerstörten Beruhigungskondensatoren mehr oder weniger niederohmig galvanisch kurzgeschlossen. Ist die Belastung nur so groß, daß die Sicherung Si_1 noch nicht anspricht, so wird die gesamte Leistung in der Sekundärwicklung in Wärme umgesetzt und zerstört die Isolation, wobei der Transformator unbrauchbar wird.

Hält der zweite Beruhigungskondensator aber einige Zeit stand, so wird die Anode A_1 der Gleichrichterröhre außer Betrieb gesetzt, weil sie gegenüber dem Heizfaden keine Potentialdifferenz mehr bekommt. Die andere Anode der Röhre arbeitet nunmehr als Einweggleichrichter mit der doppelten Anodenspannung, und da die Minusleitung des Empfängerteiles über den defekten Beruhigungskondensator C_1 galvanisch mit dem einen Ende der Sekundärwicklung des Transformators verbunden ist, fließt auch ein Strom mit fast doppelter Sollspannung durch das Empfangsgerät. Dieser erhöhten Gleichspannung sind nun die Elektrolytkondensatoren der Siebkette nicht gewachsen. Schlägt der Elektrolytkondensator C_3 durch, dann liegt die Erregerwicklung des Lautsprechers bzw. die Drossel oder an deren Stelle ein Siebwiderstand direkt zwischen Plus und Minus. Ist die Erregerwicklung für 50 mA bei 100 V Spannungsabfall ausgelegt, so werden jetzt wenigstens 200 mA fließen, ohne daß deswegen die Sicherung Si_1 durchschlägt. Die Anodenwicklung des



Transformators und die Gleichrichterröhre aber werden überlastet und zerstört. Tritt nun in der Gleichrichterröhre infolge Überlastung Heizfadenbruch und dadurch innerer Kurzschluß auf, so besteht die hohe Belastung der Anodenwicklung trotz ausgefallener Gleichrichterröhre nunmehr mit Wechselstrom in beiden Richtungen weiter, bis die Isolation soweit verkohlt ist, daß die Sicherung Si_1 durchschlägt.

Man sieht also, daß eine Sicherung in der Mittelanzapfung der sekundären Anodenwicklung bei Defektwerden eines

Beruhigungskondensators nicht vor Zerstörung der Siebkettenkondensatoren, der Gleichrichterröhre und des Transformators schützt.

Alle diese Schäden können nicht entstehen, wenn auf die Anodensicherung am Mittelabgriff verzichtet wird und dafür zwei Sicherungen an die Wicklungsenden gelegt werden.

Bei etwa 80% aller Schäden an Netztransformatoren mit oder ohne Sicherung sind durchgeschlagene Beruhigungskondensatoren die Ursache. Waren bei Transformatoren mit Anodensicherung in der Minusleitung Elektrolytkondensatoren der Siebkette und die Gleichrichterröhre ebenfalls zerstört, so konnten diese wie auch der Transformator nach vorstehenden Ausführungen niemals die primäre Ursache gewesen sein und mußten trotz bester Qualität zwangsläufig mit zerstört werden, wenn einer der beiden Beruhigungskondensatoren durchschlug.

Es empfiehlt sich deshalb, zur Vermeidung umfangreicher Schäden in beide Anodenleitungen je eine Sicherung (Si_3 und Si_2) einzubauen und auf die Sicherung Si_4 zu verzichten. Die Beruhigungskondensatoren aber sollte man zur Beschleunigung und Verbilligung der Reparatur an leicht zugänglicher Stelle, etwa am Sicherungstäfelchen neben den Sicherungen an Lötfahnen anbringen.

Erwin Köpke, Halle

Potentiometerreparatur oder Ersatz – ein Vorschlag an die Herstellerbetriebe

Potentiometerreparatur oder Ersatz? – diese Frage stellte am 22. Dezember vergangenen Jahres unser Leser, Rundfunkmechanikermeister Martin Zahl, Grimmen. Er regte zugleich an, künftig beim Zusammenbau der Potentiometer an Stelle der Nieten Schrauben zu verwenden.

Wir haben den Vorschlag am 27. 12. 1956 dem Herstellerwerk VEB Elektro- und Radiozubehör Dorfhain übermittelt und um Stellungnahme gebeten. Anscheinend ist dort unser Schreiben in der Mappe für noch zu erledigende Verbesserungsvorschläge gelandet. Erst nach sechs Monaten, nachdem wir das Thema im Heft 9 (1956) unserer Zeitschrift zur allgemeinen Diskussion gestellt hatten, erhielten wir eine Stellungnahme aus Dorfhain, die wir nachfolgend mit einigen Auszügen aus Schreiben anderer Leser zu diesem Thema wiedergeben:

Eine Verschraubung von Potentiometern, wie dies Herr M. Zahl den Herstellerbetrieben nahelegt, erscheint im Hinblick auf die im Rahmen des 2. Fünfjahrplanes geforderte Verbilligung der Bauelemente völlig undiskutabel. Verschraubungen gehören allgemein zu den unrentabelsten Verbindungen. Eine wesentliche Erleichterung einer ausnahmsweise nötigen Reparatur ergibt sich zum Beispiel durch Verwendung von massiven Bolzen aus einem thermoplastischen Kunststoff an Stelle der bisher üblichen Hohlniete — wie dies aus einem Verbesserungsvorschlag des VEB Kondensatorenwerk Freiberg hervorgeht.

In vielen Fällen läßt sich jedoch ein kratzendes Potentiometer schon durch eine Injektion eines sogenannten HF-Kontaktöles reparieren, das durch ein in die Abdeckplatte gebohrtes kleines Loch appliziert wird.

Ing. Thomas Galli, Freiberg/Sa.

Zu diesem Thema möchte ich sagen, daß ich mit Herrn Martin Zahl aus Grimmen über die Herstellung der Potentiometer einer Meinung bin.

Wie oft ist man gezwungen, beim Ersatz eines defekten Potentiometers erst Änderungen am Chassis vorzunehmen, weil vorhandene Potentiometer nicht die richtige Achslänge oder die geforderten Werte besitzen. Insbesondere ist dies bei Doppelpotentiometern der Fall.

Ein Originalpotentiometer für ein bestimmtes Gerät zu beschaffen, ist nicht nur schwierig, sondern oft unmöglich. Aus diesem Grunde ist der Wunsch nach einer Schraubverbindung bei der Herstellung von Potentiometern schon gerechtfertigt, so daß eine eventuelle Reparatur derselben in jeder Werkstatt leicht möglich ist.

Außerdem wäre es wünschenswert, daß die Teile der Potentiometer auch einzeln für Reparaturzwecke erhältlich sind.

Das des öfteren gepriesene Durchspritzen der Potentiometer bei Kontaktfehlern führt nicht immer zum Erfolg, dafür stellt sich aber hin und wieder ein unerwünschtes Quietschen beim Betätigen der Regler ein, weil das Fett der Achslagerung beim Durchspritzen aufgelöst wird.

Ferner noch ein Wort an die Kollegen in den Fertigungsbetrieben zum Thema „Verbesserung der Qualität": Beim Verlöten der Einzelteile in den Rundfunkgeräten wird nicht die nötige Sorgfalt aufgewendet, denn sonst könnte es kaum vorkommen, daß neue Geräte mit sogenannten Aussetzern zur Reparatur gelangen, in denen man dann nach langem, zeitraubendem Suchen Kontaktfehler an mehreren Lötstellen findet.

Hans Westphal, Warin

Ich nahm den Hinweis des Kollegen Martin Zahl zum Anlaß, mich über die Frage mit einigen Kollegen, zum Teil Inhaber von Garantiereparaturwerkstätten, zu unterhalten. Dabei mußte ich feststellen, daß derartige Mängel insbesondere bei den Supern „Olympia", „Weimar" und „Paganini", die wohl mit die weiteste Verbreitung gefunden haben und keineswegs besonders störanfällig sind, oft vorkommen. Zeigen sich diese Mängel noch innerhalb der Garantiefrist, so wird das Doppelpotentiometer sofort ausgebaut und an den zuständigen Garantiedienst weitergeleitet, der jedoch nur selten in der Lage ist, sofort Ersatz zu schicken. Oft vergehen einige Wochen, und der Kunde ist mit Recht verärgert. Wenn die Garantiefrist abgelaufen ist, wird die Ersatzbeschaffung noch schwieriger, so daß in einer Reparatur des Doppelpotentiometers ein Ausweg gesucht werden muß.

Nun sprechen jedoch eine ganze Reihe technischer Argumente gegen eine Potentiometerreparatur, auch ohne daß man den Mangel an Schrauben und Muttern als Gegenargument ins Auge faßt. Abgesehen davon, daß schmirgelnd wirkende Verunreinigungen in das Potentiometer gelangen können, ist die Schleifbahn vielen Reinigungsmitteln gegenüber nicht beständig. Fehler an der Oberfläche der Schleifbahn lassen sich oft nur durch Versetzen des Schleifers erreichen, wobei wiederum der richtige Druck des Schleifers kritisch und entscheidend für die weitere Lebensdauer des Potentiometers ist. Selbst wenn man annimmt, daß eine Potentiometerreparatur billiger sei als ein Ersatz, so muß die Frage nach der weiteren Lebensdauer des Potentiometers offen bleiben.

Zusammenfassend möchte ich sagen, daß die Zeiten vorbei sind, in denen durchgeschlagene Elkos notgedrungenerweise „repariert" wurden; mit etwas gutem Willen aller Beteiligten muß man auch mit dem Potentiometerproblem in Kürze ohne fragwürdige „Reparaturen" fertig werden können!

Ing. Gert Strenge, Leipzig

Als Herstellerbetrieb von Potentiometern nehmen wir zum Vorschlag des Herrn Martin Zahl, Grimmen, in Nr. 9 (1956) wie folgt Stellung:

Die Folgen des verlorenen Krieges und die Spaltung Deutschlands ergaben in der Nachkriegsproduktion sehr störanfällige Potentiometer durch zu geringe Qualität der Rohstoffe. Dieses ist aber seit einigen Jahren behoben. Wir sind bestrebt, durch ständige Qualität die Lebensdauer und einwandfreie Funktion zu erhöhen. Durch Standardisierung und Steigerung der Arbeitsproduktivität ist es möglich, die Preise der Potentiometer zu senken.

Die zentrale Entwicklung der Rundfunkempfänger wird in der Konstruktion in zunehmendem Maße mit beachten, daß das Auswechseln eines Potentiometers denkbar einfach wird. Der Vorschlag des Herrn Zahl, das Zusammenschrauben der Potentiometer, würde eine wesentliche Verteuerung nach sich ziehen, abgesehen davon, daß die Millionen Schrauben und Muttern, die heute noch einen außerordentlichen Engpaß bilden, nicht zu beschaffen sind.

Dem Ausbrechen der Gehäuseecken wurde 1955 dadurch begegnet, daß an Stelle von Zinkspritzguß Stahl verwendet wird, so daß beim sachgemäßen Aufbohren keine Schäden entstehen können.

Für das Aufzeigen von Fehlern aus dem reparierenden Handwerk sind wir dankbar und bitten diese Stellen, uns ausgebaute Potentiometer mit folgenden Angaben zuzusenden:

1. Hersteller und Typ des Gerätes.
2. Welche Fehler haften dem Potentiometer an?

Von Ersatzbestellungen bitten wir Abstand zu nehmen, da aus organisatorischen Gründen keine Einzellieferungen erfolgen können. Die jeweilige DHZ wird Ihren Auftrag umgehend erledigen.

VEB Elektro- und Radiozubehör Dorfhain

Wir schließen uns der Meinung des VEB Elektro- und Radiozubehör Dorfhain an und danken allen Einsendern für das gezeigte Interesse. Der Vorschlag des Werkes, schadhafte Potentiometer einzusenden, ist zu begrüßen und wird dazu beitragen, die Qualität der Regler weiterzuverbessern, so daß Fehler an diesen Bauelementen in Zukunft nicht mehr in dem bisherigen Maße auftreten werden. *Die Redaktion*

RÖHRENINFORMATION UCC 85

bearbeitet von Ing. Fritz Kunze

UCC 85

49,2

7

22,2

Maximale Kolbenabmessungen ←

f f a_I g_I k_I s a_{II} g_{II} k_{II}

11,9

Anschluß der Sockelstifte, von unten gegen die Stifte gesehen →

Aufbau

Die UCC 85 entspricht in ihrem Aufbau völlig der ECC 85, hat aber einen größeren Schirmgitterdurchgriff.

Verwendung

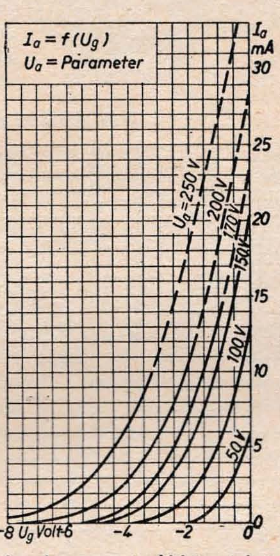
Hier gilt das bei der ECC 85[1]) Gesagte. Um eine möglichst kleine Brummodulation zu erhalten, soll der Heizfaden der UCC 85 möglichst nahe am erdseitigen Ende der Heizkette liegen. Am besten schaltet man ihn gleich hinter den Heizfaden der UABC 80.

Hersteller

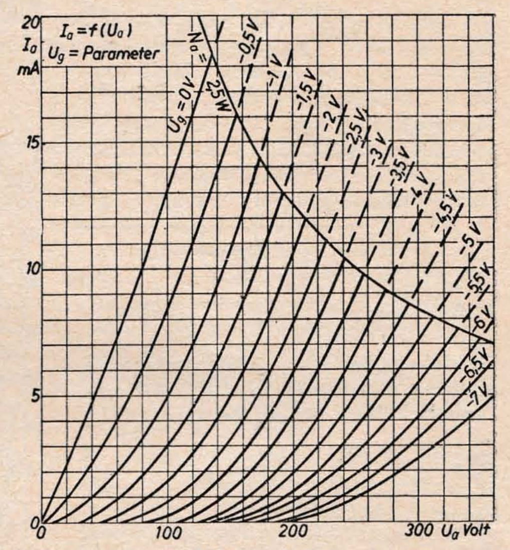
VEB Funkwerk Erfurt, HV RFT.

[1]) Röhreninformation ECC 85 in RADIO UND FERNSEHEN Heft 13 (1956) S. 405.

Statische Kennlinien



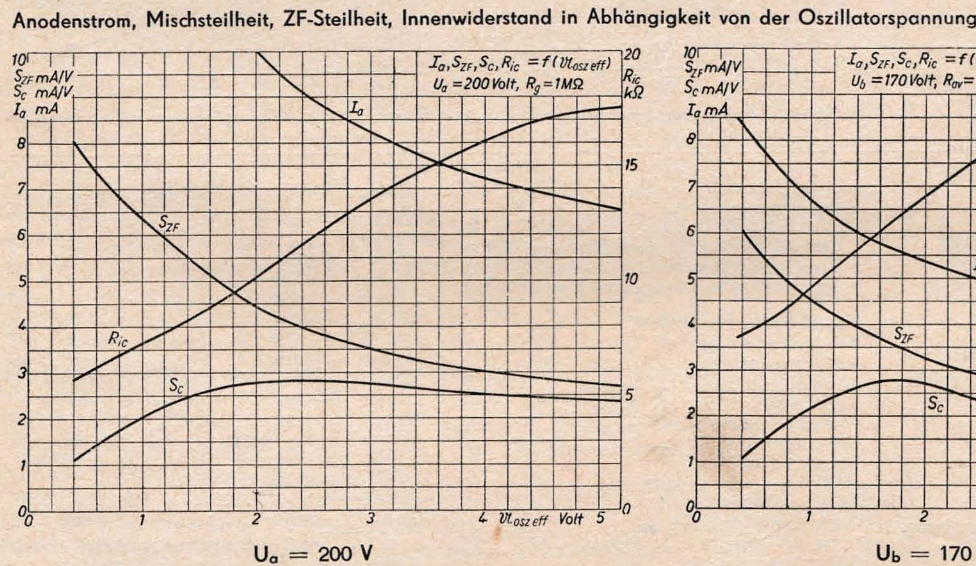
Anodenstrom in Abhängigkeit von der Gittervorspannung

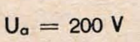


Anodenstrom in Abhängigkeit von der Anodenspannung

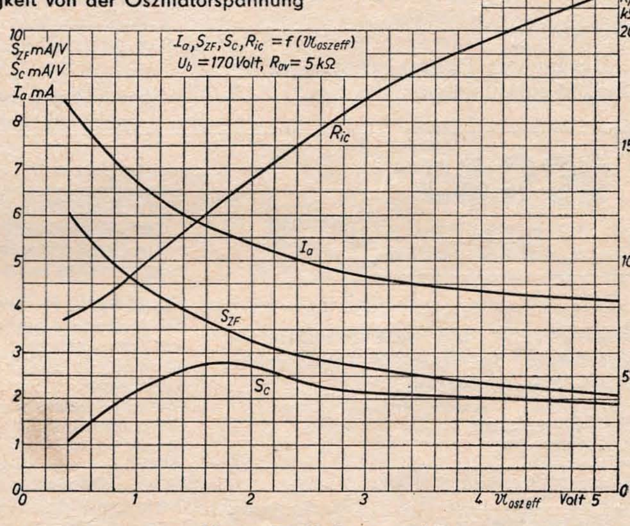
Die UCC 85 als selbsterregte additive Mischstufe

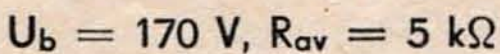
Anodenstrom, Mischsteilheit, ZF-Steilheit, Innenwiderstand in Abhängigkeit von der Oszillatorspannung





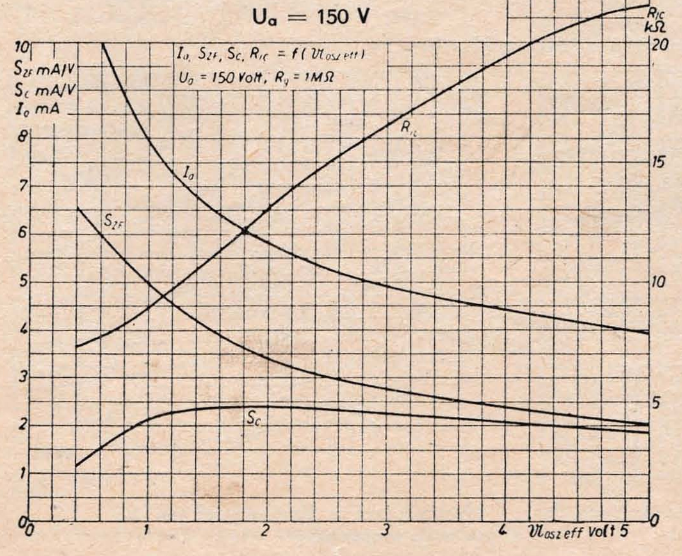
U_a = 200 V



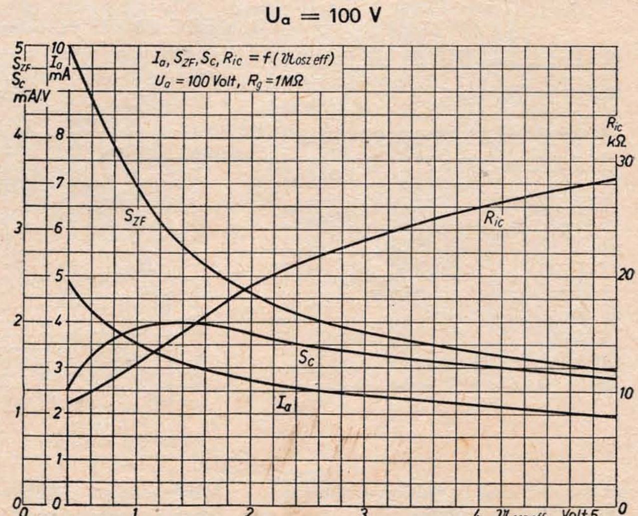


U_b = 170 V, R_{av} = 5 kΩ

U_a = 150 V



U_a = 100 V



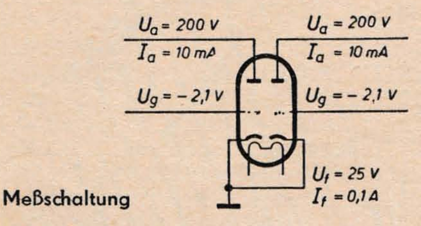
Heizung

Indirekt geheizte Oxydkatode für Allstrombetrieb, Serienheizung.

Heizspannung	U_f	25	V
Heizstrom	I_f	0,1	A

Meßwerte, Werte je System

U_a	200	170	100	V
U_g	$-2{,}1$	$-1{,}5$	$-1{,}1$[1]	V
I_a	10	10	4,5	mA
S	5,8	6,2	4,6	mA/V
μ	48	50	50	
R_i	8	8	10,5	kΩ



Meßschaltung

Betriebswerte als selbstschwingende additive Mischstufe in AM/FM-Empfängern, Werte für ein System

U_b	200	170	100	V
R_{av}[2])	8	5	5	kΩ
R_g	1	1	1	MΩ
$\mathfrak{U}_{osz\,eff}$	2,8	2,8	1,8	V
I_a	5,2	4,8	2,2	mA
S_c	2,3	2,2	1,7	mA/V
R_{ic}	15	16	20	kΩ
r_e (100 MHz)	15	15	15	kΩ

In Oszillatorschaltungen mit der UCC 85 darf keine Hochfrequenzspannung zwischen Katode und Heizfaden liegen.

Kapazitäten

Die inneren Röhrenkapazitäten der UCC 85 entsprechen denen der ECC85.

Betriebswerte als HF-Verstärker in AM/FM-Empfängern für ein System

U_b	170	170	100	V
R_{av}[2])	1,5	1,5	1,5	kΩ
U_a	161	157	92	V
R_k	330	160	160	Ω
U_g	-2	$-1{,}4$	$-0{,}85$[1])	V
I_a	6	8,7	5,2	mA
S	4,7	6	5,2	mA/V
R_i	10,5	8,4	10	kΩ
r_e (100 MHz)	ca. 8	6	7	kΩ
r_g	ca. 0,65	0,5	0,58	kΩ

Grenzwerte je System

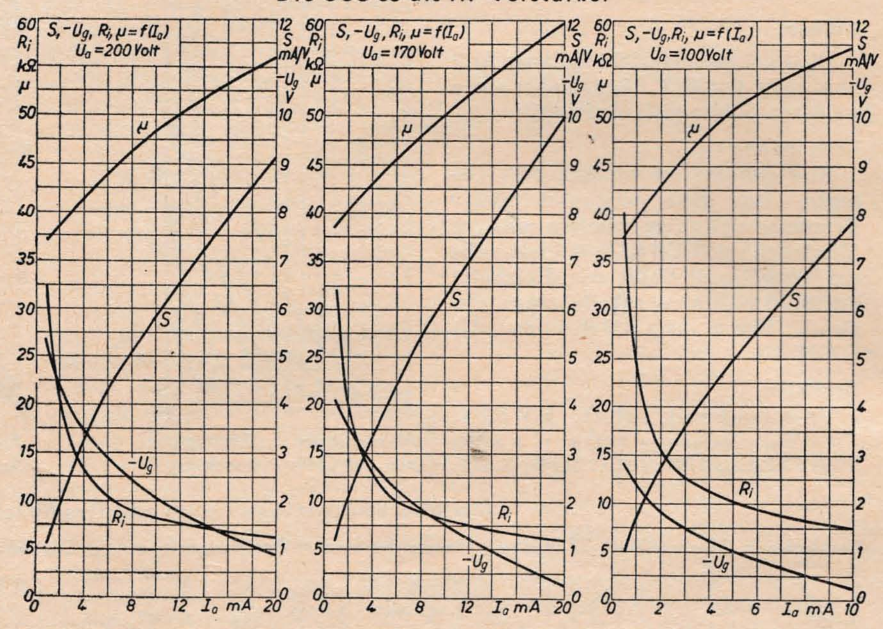
Die Grenzwerte der UCC 85 entsprechen denen der ECC 85 mit Ausnahme von

Anodenspannung	$U_{a\,max}$	250 V
Spannung zwischen Heizfaden und Katode		
+ k, − f	$U_{f/k\,max}$	200 V
− k, + f	$U_{f/k\,max}$	90 V

[1]) Bei dieser Einstellung kann Gitterstrom fließen. Falls das unzulässig ist, ist eine Gittervorspannung von $U_g = -1{,}5$ V zu wählen.

[2]) R_{av} muß hochfrequenzmäßig durch einen Kondensator überbrückt werden.

Die UCC 85 als HF-Verstärker



Steilheit, Gittervorspg. Innenwiderstand, Verstärkungsfaktor in Abhängigkeit vom Anodenstrom

ECC 85

Teil 2

Fortsetzung und Schluß aus Heft 13 (1956)

Betriebswerte als selbstschwingende Mischstufe in AM/FM-Empfängern, Werte für ein System

Betriebsspannung	U_b	250	V
Anodenvorwiderstand[1])	R_{av}	12	kΩ
Gitterableitwiderstand	R_g	1	MΩ
Oszillatorspannung	$\mathfrak{U}_{osz\,eff}$	3	V
Anodenstrom	I_a	5,2	mA
Mischsteilheit	S_c	2,3	mA/V
Innenwiderstand	R_{ic}	21	kΩ
Eingangswiderstand bei f = 100 MHz	r_e	ca. 15	kΩ

Zur Vermeidung von Mikrofoneffekten soll in Oszillatorschaltungen keine NF-Spannung zwischen Heizfaden und Katode liegen.

Grenzwerte je System

Anodenkaltspannung	$U_{aL\,max}$	550	V
Anodenspannung	$U_{a\,max}$	300	V
Anodenbelastung	$N_{a\,max}$	2,5[2])	W
Katodenstrom	$I_{k\,max}$	15	mA
Gitterableitwiderstand	$R_{g\,max}$	1	MΩ
Gittervorspannung	$U_{g\,max}$	-100	V
Spannung zwischen Heizfaden und Katode	$U_{f/k\,max}$	90	V
Äußerer Widerstand zwischen Heizfaden und Katode	$R_{f/k\,max}$	20	kΩ
Gitterstromeinsatz ($I_{g1} \leq 0{,}3\,\mu$A)	U_{ge}	$-1{,}3$	V

Kapazitäten

		System I	System II	
Eingang	c_e	3	3	pF
Ausgang	c_a	1,2	1,2	pF
Gitter—Anode	$c_{g/a}$	1,5	1,5	pF
Anode—Katode	$c_{a/k}$	0,18	0,18	pF
Anode I—Anode II	$c_{aI/aII}$	< 0,04		pF
Gitter I—Gitter II	$c_{gI/gII}$	< 0,003		pF
Anode I—Gitter II	$c_{aI/gII}$	< 0,008		pF
Anode I—Katode II	$c_{aI/kII}$	< 0,008		pF
Gitter I—Katode II	$c_{gI/kII}$	< 0,003		pF
Anode II—Gitter I	$c_{aII/gI}$	< 0,008		pF
Anode II—Katode I	$c_{aII/kI}$	< 0,008		pF
Gitter II—Katode I	$c_{gII/kI}$	< 0,003		pF

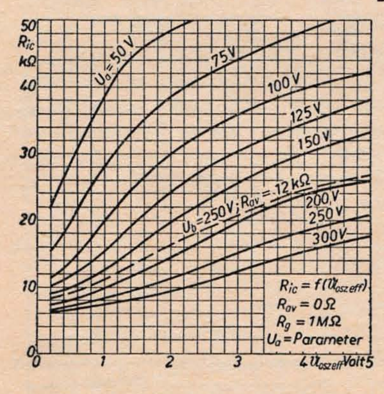
Mit Abschirmung 22,5 mm ∅ gemessen; Abschirmung an Katode:

Ausgang	c_a	1,9	1,9	pF
Anode I—Anode II	$c_{aI/aII}$	< 0,008		pF

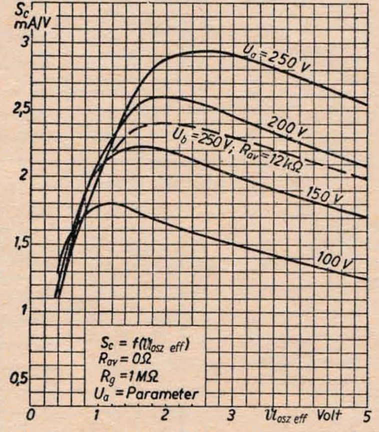
[1]) R_{av} muß hochfrequenzmäßig durch einen Kondensator überbrückt werden.

[2]) $N_{aI\,max} + N_{aII\,max} = 4{,}5$ W.

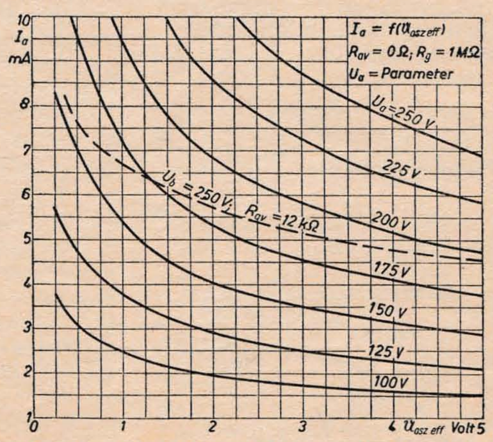
Die ECC 85 als selbsterregte additive Mischstufe



Innenwiderstand in Abhängigkeit von der Oszillatorspannung



Mischsteilheit in Abhängigkeit von der Oszillatorspannung



Anodenstrom in Abhängigkeit von der Oszillatorspannung

LEHRGANG FUNKTECHNIK

Hörrundfunk

46. Fortsetzung

Von Dipl.-Ing. A. RASCHKOWITSCH

Die einzelnen getasteten Tonschwingungen f_1 bis f_{10} werden nach entsprechender Verstärkung dem Sender aufmoduliert und von diesem abgestrahlt. Im Empfänger wird die HF-Trägerschwingung demoduliert, wobei man wieder die getasteten Tonschwingungen f_1 bis f_{10} erhält. Nach entsprechender Verstärkung werden sie durch Siebglieder getrennt und nach nochmaliger Verstärkung gleichgerichtet. Die im Takte der Morsezeichen auftretenden Richtströme steuern die Schreibgeräte.

In grundsätzlich ähnlicher Weise, das heißt durch Frequenzumsetzung, kann bei genügender Kanalbreite auch eine gleichzeitige Mehrfachtelefonie betrieben werden. Solche Anlagen arbeiten meist im Ultrakurz- und Dezimeterwellengebiet, da hier die erforderlichen großen Kanalbreiten zur Verfügung stehen. Die Übertragungsanlagen sind verhältnismäßig kompliziert, weil zur Vermeidung der gegenseitigen Störung der einzelnen Sprechkanäle erhebliche Mittel aufgewendet werden müssen. Außerdem haben sie den großen Nachteil, daß die HF-Leistung eines Teilkanals mit dem Quadrat der Kanalanzahl abnimmt. Man verwendet daher heute im allgemeinen Übertragungsverfahren, die mit Impulsmodulation arbeiten.

Impulsverfahren

Dieses neuartige Übertragungsverfahren beruht auf der Erkenntnis, daß es die Verständlichkeit der Sprachschwingungen nicht wesentlich beeinträchtigt, wenn statt des gesamten Kurvenzuges der NF-Nachricht nur einzelne Ausschnitte desselben, das heißt **Impulse** oder **Pulse**, zur Übertragung benutzt werden. Man zerlegt hierbei die Nachricht in eine bestimmte Anzahl von einander folgenden Impulsen und zieht diese zur sogenannten Impulsmodulation heran (Bild 523).

Die Zahl der hierfür erforderlichen Impulse richtet sich nach der höchsten zu übertragenden Sprechfrequenz. Diese soll, wie Rechnung und Abhörversuche zeigen, zum Erzielen einer guten Verständlichkeit durch die Impulsfolge mehr als zweimal, zum Beispiel dreimal, während jeder Schwingungsperiode „abgetastet" werden. Beträgt die höchste zu übertragende Sprechfrequenz 3500 Hz, so sind zur dreimaligen Abtastung innerhalb einer Schwingungsperiode $3 \cdot 3500 = 10500$ oder rund 10000 Impulse je Sekunde notwendig. Der Abstand zwischen den einzelnen Impulsen beträgt also 100 μs, was einer Pulsfrequenz oder Pulsfolgefrequenz von 10000 Hz entspricht. Beträgt die Impulsdauer zum Beispiel 4 μs, so ergibt sich für den Impulsabstand der Zeitwert von $100 - 4 = 96$ μs. In diesem freien Impulsabstandsraum kann man noch weitere $96/4 = 24$ Impulse unterbringen. Ordnet man jedem dieser Impulse einen eigenen Sprechweg (Mikrofon) zu, so kann man weitere 24 Fernsprechkanäle schaffen. Das Impulsverfahren gestattet es also, bei einer Pulsfrequenz von 10000 Hz, einer Impulsdauer von 4 μs und der vollen Ausnutzung des Impulsabstandes, über einen Verbindungsweg (Trägerwelle) 25 Fernsprechkanäle zu leiten. Die einzelnen Kanäle werden hierbei durch die zeitlich aufeinanderfolgenden Impulse nacheinander abgetastet.

Bei der im Bild 523 dargestellten Impulszerlegung handelt es sich um eine Pulsamplitudenmodulation (PAM), weil die Impulsamplitude proportional der NF-Amplitude verändert wird. Es kann jedoch, ähnlich wie bei der Übertragung der ganzen Sinusschwingungen, auch irgendeine andere Bestimmungsgröße des Impulses zu Modulation herangezogen werden. Man unterscheidet im allgemeinen folgende Pulsmodulationsverfahren:

1. Pulsamplitudenmodulation (PAM), beeinflußt wird die Impulsamplitude;
2. Pulsfrequenzmodulation (PFM), beeinflußt wird die Pulsfolgefrequenz, das heißt der Impulsabstand;
3. Pulsphasenmodulation (PPM), beeinflußt wird die Impulsphase, das heißt die Lage der Impulse;
4. Pulslängenmodulation (PLM), beeinflußt wird die Impulslänge, das heißt die Dauer (Breite) der Impulse.

Verwendet man zur Übertragung statt eines Impulses eine Kombination von Impulsen, ähnlich wie beim Morsealphabet (Codezeichen), so spricht man von einer Pulscodemodulation.

Die Pulsmodulation wird in der Regel mit Hochfrequenzschwingungen durchgeführt, die ähnlich der Radiotelegrafie unmittelbar auf die Antenne gegeben werden. Die zur Übertragung verwendeten Trägerfrequenzen müssen sehr hoch sein, weil die erforderlichen Bandbreiten sehr groß sind, da man mit Impulsen arbeitet, deren Form viele Oberschwingungen bedingt. Die Oberschwingungen müssen jedoch möglichst erhalten bleiben, damit auf der Empfangsseite beim Aufbau der Impulse zur ursprünglichen NF-Nachricht keine wesentlichen Verzerrungen auftreten. Die Bandbreiten betragen also ein vielfaches der Pulsfolgefrequenz, und die Trägerfrequenzen liegen im Zentimeterwellenbereich (3000 MHz ≙ 10 cm). Die hohen Trägerfrequenzen haben eine Reihe physikalischer Eigenschaften, deren Berücksichtigung eine gänzlich andere Konstruktion und Schaltungstechnik der

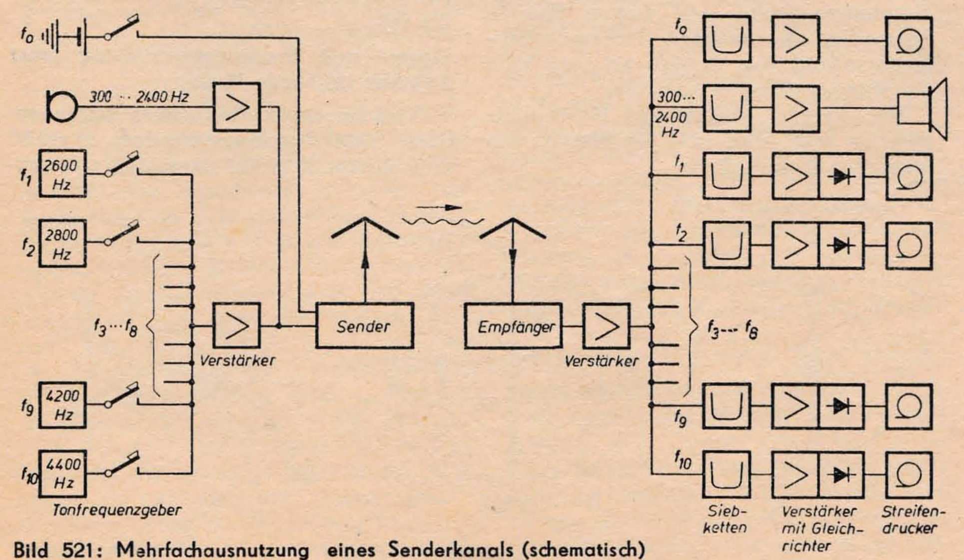


Bild 521: Mehrfachausnutzung eines Senderkanals (schematisch)

UT-Kanal / Fernsprechkanal / 10 ÜT-Kanäle — 0, 300, 2400, 4500 — Frequenz in Hz

Bild 522: Mehrkanalübertragung in einem Seitenband

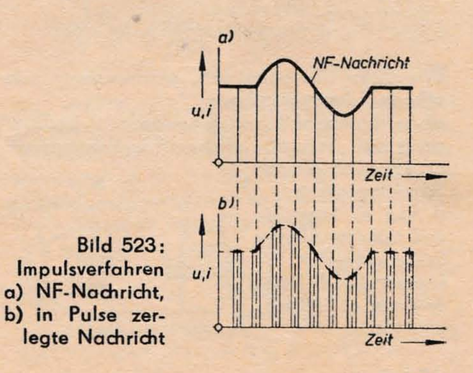


Bild 523: Impulsverfahren a) NF-Nachricht, b) in Pulse zerlegte Nachricht

Übertragungsapparate erfordert, als dies bei den üblichen Systemen, die mit längeren Wellen arbeiten, der Fall ist.

Der große Vorteil des Impulsverfahrens besteht darin, daß der Sender besser ausgenutzt wird. Die Senderleistung ist für alle Verbindungswege die gleiche, da die einzelnen Kanäle nacheinander abgetastet werden.

Die reine Impulstastung wird auf einer Reihe von Gebieten der Hochfrequenztechnik, wie Funkortung, Flugnavigation, Radiosonden und ähnliches, benutzt. Da hier der Sender ausschließlich in sehr kurzen Zeitspannen (einige Mikrosekunden) arbeitet und die Pausen verhältnismäßig lang sind, ist es möglich, die Senderleistung und damit die Reichweite um ein Vielfaches zu steigern. Die Röhren können, bei genügend großen Anodenspannungen und Emissionsströmen, Impulsleistungen bis zu 1000 kW abgeben. Bezeichnet man das Tastverhältnis, das ist das Verhältnis des Impulsabstandes (Pause) zur Impulslänge (Arbeitsdauer), mit K, so berechnet sich die Impulsleistung näherungsweise zu:

$$\mathfrak{N}_i = K \cdot \mathfrak{N}_a. \qquad (266)$$

Die Impulsdauer beträgt im allgemeinen etwa 0,5 bis 3 μs und der Impulsabstand (Pause) rund 0,5 bis 5 ms, so daß man für das Tastverhältnis im Mittel K = 1000 erhält.

12. Drahtlose Übertragung

Der offene Schwingungskreis (Antenne)

Das im Sender erzeugte HF-Signal muß durch eine geeignete Anordnung in den Raum ausgestrahlt werden, und andererseits muß eine Anordnung vorhanden sein, mit der dieses Signal empfangen wird. Solche Anordnungen nennt man Antennen oder auch Luftleiter.

Die Antenne stellt physikalisch einen sogenannten offenen Schwingungskreis dar. Den Übergang vom geschlossenen zum offenen Schwingungskreis zeigt Bild 524. Beim geschlossenen Schwingungskreis schwingt die HF-Energie, von geringer Streuung abgesehen, zwischen Spule und Kondensator hin und her [vgl. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 5 (1953) S. 157].

Im Gegensatz hierzu schwingt beim offenen Schwingungskreis die HF-Energie kugelförmig in den Raum hinein (Bild 524). Konstruktiv wird die Antenne durch über dem Erdboden isoliert angeordnete Metalldrähte oder Metallstäbe gebildet, deren Längen- und Querschnittsabmessungen sowie deren Lage in bezug auf den Erdboden ein Maß die Induktivität und Kapazität des offenen Schwingungskreises sind. Eine Vergrößerung der Querschnittsabmessungen bedeutet eine Erhöhung der Antennenkapazität, während eine Verringerung die Antenneninduktivität erhöht. Die Kreisinduktivität und die Kreiskapazität sind hier nicht räumlich konzentriert, wie beim geschlossenen Schwingungskreis, sondern auf die ganze Antennenlänge verteilt.

Grundsätzlich gibt es zwei Antennenformen. Die Stabantenne (Mastantenne) (Bild 524d) stellt den sogenannten elektrischen Strahler dar, während die Rahmenantenne (Bild 524e) als magnetischer Strahler bezeichnet wird. In beiden Fällen wird jedoch gleichzeitig sowohl elektrische als auch magnetische Energie abgestrahlt, lediglich stehen die entsprechenden elektrischen bzw. magnetischen Felder beider Antennenarten senkrecht zueinander. Stab- bzw. Drahtantennen haben gegenüber den Rahmenantennen allerdings verschiedene strahlungstechnische Vorteile, so daß sie vorwiegend verwendet werden. Die Antenne kann in bezug auf den Erdboden vertikal (Vertikalantenne) oder horizontal (Horizontalantenne) angeordnet, das heißt polarisiert, werden (Bild 525).

Die meisten Antenneneigenschaften sind sowohl den Sende- als auch den Empfangsantennen eigen. Es besteht eine gewisse Reziprozität (Wechselwirkung)

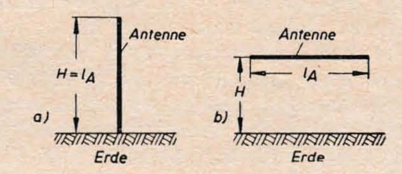


Bild 525: Antennenanordnung, a) Vertikalantenne, b) Horizontalantenne, (H – Antennenhöhe über dem Erdboden, l_A – Antennenlänge)

zwischen Strahlung (Senden) und Absorption (Empfangen), das heißt es existiert eine gewisse Gleichheit zwischen Sende- und Empfangsantennen. Damit ist jede gute Sendeantenne auch eine gute Empfangsantenne. Aus diesem Grunde verwenden die meisten Funksprechanlagen sowohl zum Senden als auch zum Empfangen dieselbe Antenne.

Die typische Anlage einer Horizontalantenne zeigt Bild 526. Sie besteht aus folgenden Hauptteilen:

Ankopplungsspule, die den Senderausgang bzw. den Empfängereingang an die Speiseleitung koppelt;

Speiseleitung (Antennenkabel), welche die HF-Energie der Antenne im Speisepunkt zuleitet bzw. ableitet;

Antennendraht, der die HF-Energie ausstrahlt bzw. aufnimmt und meist als isoliert abgespanntes Kupfer- oder Bronzeseil ausgeführt ist.

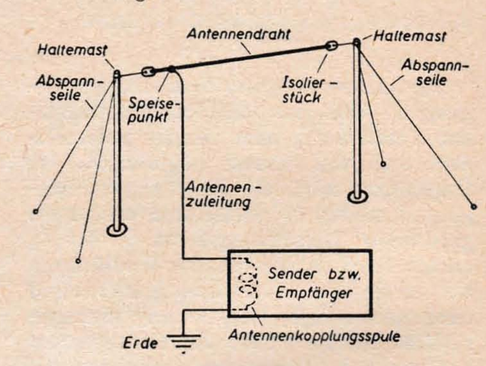


Bild 526: Eine typische Antennenanlage (Horizontalantenne)

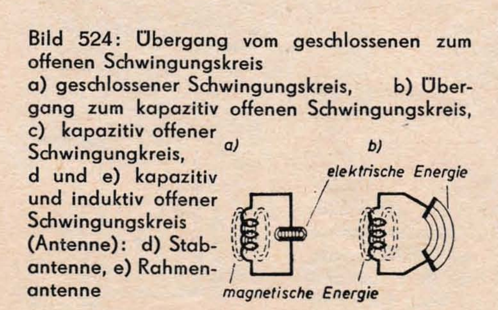
Die Strahlungsverluste durch Absorption der HF-Energie in den Haltemasten und Abspannseilen müssen sehr gering gehalten werden. Man verwendet daher oft, trotz der mechanischen Nachteile, Holzmaste statt der stabileren Eisenmaste.

Die Art, Größe und Form einer Sendeantenne wird von verschiedenen Faktoren bestimmt, so zum Beispiel von der Betriebsfrequenz, von der auszustrahlenden HF-Energie sowie von der Richtung zur entfernten Empfangsstation. Langwellensender großer Leistung erfordern umfangreiche Antennenanlagen. Mit abnehmender Wellenlänge wird die räumliche Ausdehnung immer kleiner und die Antennenanlage billiger.

Die richtige Antennenanordnung ist für die Sendestation von entscheidender Bedeutung, da sie mit gutem Wirkungsgrad strahlen muß, damit die ihr vom Sender zugeführte HF-Leistung nicht verloren geht. Die Konstruktion einer Empfangsantenne ist nicht so kritisch, das heißt, man kann einen zufriedenstellenden Empfang meist auch dann erhalten, wenn die Antennenanordnung nicht ganz einwandfrei ist.

Strom- und Spannungsverteilung einer Antenne (stehende Wellen)

Wird an einem Ende eines Antennendrahtes eine Spannung angelegt, so erhält man die im Bild 527 dargestellte Strom-



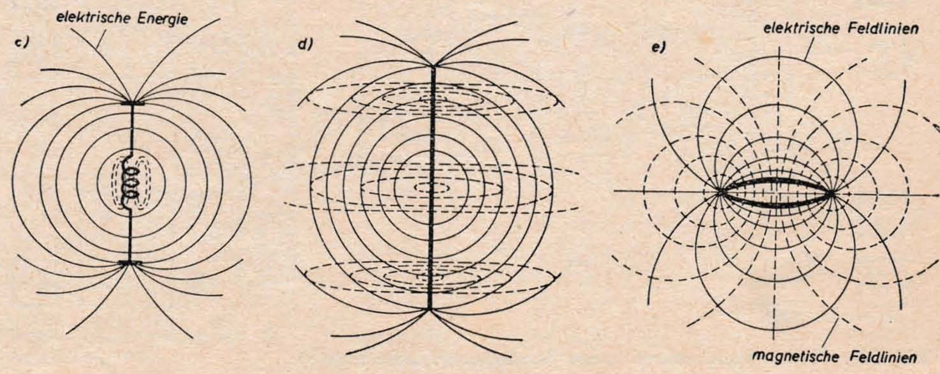


Bild 524: Übergang vom geschlossenen zum offenen Schwingungskreis
a) geschlossener Schwingungskreis, b) Übergang zum kapazitiv offenen Schwingungskreis, c) kapazitiv offener Schwingungkreis, d und e) kapazitiv und induktiv offener Schwingungskreis (Antenne): d) Stabantenne, e) Rahmenantenne

und Spannungsverteilung längs der Antenne, wenn ihre Ausdehnung eine halbe Wellenlänge ($\lambda/2$) beträgt. Die Verteilung kann einfach ermittelt werden, indem man von den Verhältnissen am freien Antennenende ausgeht. Hier kann die Antennenanordnung als eine offene Leitung (Rückleitung durch die leitende Erdoberfläche) aufgefaßt werden, das heißt, der Antennenstrom ist hier Null, während die Spannung ihren Höchstwert hat. Die HF-Energie wird also am Antennenende, dem Punkt hohen Widerstandes, zurückgeworfen (reflektiert), da sie nicht verbraucht werden kann, und läuft zum Ausgangspunkt zurück, wo wieder eine Reflexion stattfindet. Diese Hin- und Herbewegung der HF-Energie ergibt die sogenannten stehenden Wellen.

Für die raum-zeitliche Stromfortpflanzung entlang des Drahtes gilt, da sich der Strom praktisch mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet, die Beziehung:

$$\lambda f = \frac{\lambda}{T} = c. \qquad (267)$$

Darin bedeuten:

c: Lichtgeschwindigkeit (rund 300000 km/s)
λ: Wellenlänge
f: Frequenz der HF-Schwingung
T: Schwingungsdauer.

Aus der obigen Gleichung kann gefolgert werden, daß die räumliche Strom- bzw. Spannungsverteilung mit dem zeitlichen Schwingungsvorgang in Phase ist, weil das Verhältnis Wellenlänge zu

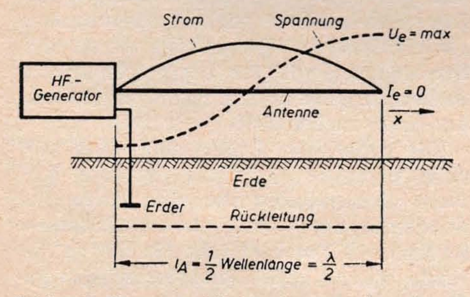


Bild 527: Strom- und Spannungsverteilung längs einer $\lambda/2$-Antenne bei Erregung mit der Grundfrequenz (stehende Wellen)

Schwingungsdauer stets konstant ist. Setzen wir eine sinus- bzw. kosinusförmige Zeitabhängigkeit der Schwingungen voraus, so ist auch deren räumliche Abhängigkeit, das heißt die Welle, sinus- bzw. kosinusförmig. Damit erhalten wir für die Stromverteilung längst der $\lambda/2$-Antenne eine sinusförmige Halbwelle, das heißt, der Strom ist am Anfang und am Ende gleich Null und in der Antennenmitte ($x = \lambda/4$) hat er seinen Höchstwert. Für die Spannung erhält man den eingetragenen kosinusförmigen Verlauf, weil am Antennenende die Spannung ihr Maximum hat (offene Leitung). Die Punkte des maximalen Stromes und der maximalen Spannung nennt man Strom- bzw. Spannungsbauch und die Punkte des Nulldurchganges von Strom und Spannung Strom- bzw. Spannungsknoten. Strom und Spannung längs der Antenne sind räumlich und damit auch zeitlich um 90° phasenverschoben.

Das Auftreten von stehenden Strom- und Spannungswellen längs der Antenne deutet auf einen Resonanzzustand hin. Stehende Wellen treten somit auch dann auf, wenn statt einer Spannungsspeisung der $\lambda/2$-Antenne im Antennenanfang (Spannungsbauch) eine Stromspeisung in der Mitte (Strombauch) vorgenommen wird (UKW- und Fernsehdipol!).

Eine Antenne ist nicht nur für eine einzige Frequenz (Grundwelle) in Resonanz. Es können vielmehr auch zwei, drei, vier und mehr stehende Halbwellen auftreten, da die Bedingung, daß am Antennenende der Strom gleich Null wird und die Spannung ihren Höchstwert hat, auch für die Oberwellen (ganze Vielfache der Grundfrequenz) erfüllt ist. Man kann umgekehrt eine Antenne, die mit einer ihrer Oberwellen erregt ist, als eine Kombination von Elementarantennen auffassen, welche jeweils mit ihrer Grundwelle erregt sind. Auch das komplizierteste Antennengebilde läßt sich auf Elementarantennen zurückführen. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Elementarantennen: die $\lambda/2$-Antenne und die $\lambda/4$-Antenne[1]).

Die $\lambda/2$-Antenne (symmetrischer Strahler)[2])

Ideale Strom- und Spannungsverteilung

Die Wirkungsweise der $\lambda/2$-Antenne, auch $\lambda/2$-Dipol genannt, beruht darauf, daß die halbe Wellenlänge der entstehenden Welle gleich der Antennenlänge ist. Dieser Strahler (Antenne) ist somit bei symmetrischer Stromeinspeisung in der Antennenmitte (Bild 528) in Resonanz und benötigt keine Erdverbindung, was zum Beispiel in der UKW-Technik ein großer Vorteil ist. Die $\lambda/2$-Antenne muß daher so angebracht werden, daß sie möglichst wenig durch geerdete Objekte gestört ist. Sie kann sowohl horizontal als auch vertikal polarisiert sein.

Die Stromverteilung der Grundwelle einer $\lambda/2$-Antenne ist im Bild 528a dargestellt. Aus der stehenden Welle des Stromes ist ersichtlich, daß sich der Strombauch in der Antennenmitte und die Stromknoten an den Antennenenden befinden. Die Eigenwellenlänge ist gleich der doppelten Antennenlänge.

Wird die $\lambda/2$-Antenne gleicher Länge mit der doppelten Grundfrequenz (1. Oberwelle) erregt, d. h. wird ihr in der Mitte eine HF-Spannung doppelter Frequenz zugeführt (Spannungsspeisung), so entsteht die im Bild 528b dargestellte Stromverteilung. Die Wellenlänge der entstehenden Strahlung (1. Oberwelle) ist gleich der Antennenlänge. Die $\lambda/2$-Antenne ist somit für jede Wellenlänge, die ein ganzes Vielfaches der Antennenlänge beträgt, in Resonanz (zum Beispiel für $\frac{\lambda}{2}$, λ, $\frac{3}{2}\lambda$, 2λ usw.). Man kann also durch Oberwellenerregung einen Mehrwellenbetrieb mit einer einzigen Antenne erzielen.

$\lambda/2$-Antennen finden meist bei hohen Betriebsfrequenzen (ab etwa 2 MHz bzw. 150 m) Verwendung, weil für längere Wellen die Antennenanordnung zu umfangreich wird.

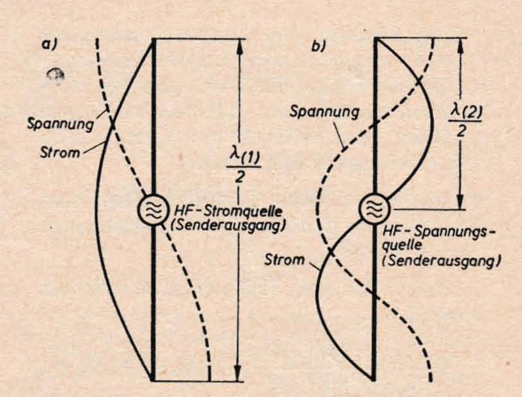


Bild 528: Strom- und Spannungsverteilung einer in der Mitte gespeisten $\lambda/2$-Antenne, a) Erregung mit der Grundfrequenz (1. Harmonische), b) Erregung mit der 1. Oberwelle (2. Harmonische). Für diese Frequenz arbeitet die Antenne als λ-Dipol (Ganzwellenantenne)

Einfluß der Querschnittsabmessungen

Die rein sinusförmige Strom- und Spannungsverteilung entlang der Antenne ist nur dann vorhanden, wenn die Querschnittsabmessungen gegenüber der Antennenlänge sehr klein sind. In der Regel ist dies jedoch nicht der Fall, da die Querschnitte aus Festigkeitsgründen nicht beliebig klein gewählt werden können. Endliche Querschnittsabmessungen verursachen an den Antennenenden eine nicht mehr vernachlässigbare Endkapazität, die dort einen Strom zur Folge hat, das heißt, an den Antennenenden sind keine Stromknoten vorhanden (Bild 529). Soll nun der Abstand der Stromknoten, die durch entsprechende Verlängerung der Stromkurve erhalten werden, genau $\lambda/2$ betragen, so muß offensichtlich die tatsächliche Antennenlänge etwas kleiner als $\lambda/2$ sein (Bild 529). Die Antennenlänge einer $\lambda/2$-Antenne beträgt somit:

$$l_A = \frac{1}{2}\lambda K. \qquad (268)$$

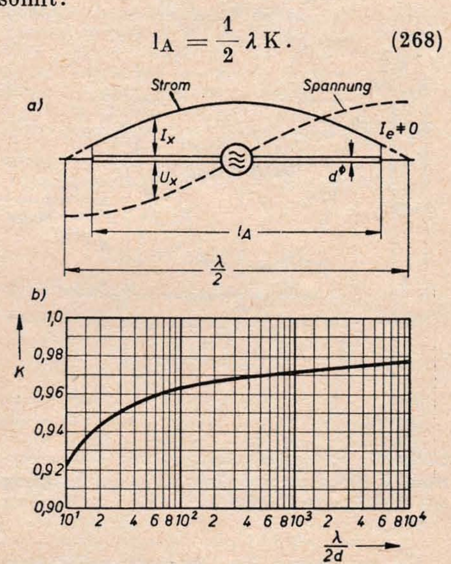


Bild 529: Verkürzung einer $\lambda/2$-Antenne durch die Endkapazität infolge endlicher Querschnittsabmessungen. a) Stromverteilung bei kapazitiver Belastung an den Leiterenden, b) Verkürzungsfaktor K in Abhängigkeit vom Verhältnis Betriebswellenlänge zu Leiterdurchmesser

[1]) Vgl. auch A. Bruck, Einfache Drahtantennen für mehrere Amateurbänder, RADIO UND FERNSEHEN Nr. 14 (1955) S. 423 bis 425.

[2]) Vgl. F. Möhring, Strahlungsdiagramm und Stromverteilung eines Dipols. RADIO UND FERNSEHEN Nr. 3 (1956) S. 74 bis 77.

Man rechnet bei Drahtantennen bis 30 MHz meist mit einem Verkürzungsfaktor K = 0,95. Erst bei höheren Frequenzen und bei Rohr- oder Stabantennen muß der genaue Wert von K nach Bild 529b berücksichtigt werden.

Beispiel: Welche Länge besitzt eine $\lambda/2$-Antenne für die Betriebsfrequenz f = 10 MHz?

Nach Gleichung (268) erhalten wir mit $\lambda = c/f$:

$$l_A = \frac{1}{2} \quad \frac{300 \cdot 10^6}{10 \cdot 10^6} \cdot 0{,}95 = 14{,}25 \text{ m}.$$

Die Endkapazitäten bewirken also gewissermaßen eine elektrische Verlängerung der Antenne, indem eine kürzere Antenne mit längeren Wellen in Resonanz ist. Im allgemeinen wird man diesen kapazitiven Antenneneffekt bei längeren Wellen vernachlässigen können.

Scheinwiderstand, Wellenwiderstand und Dämpfung

Neben der vom sinusförmigen Verlauf abweichenden Stromverteilung weist auch die Spannungsverteilung eine Unregelmäßigkeit auf. Der Strombauch benötigt nämlich zu seiner Aufrechterhaltung eine endliche Spannung, das heißt, im Spannungsknoten ist ein Spannungssprung vorhanden. Damit erhalten wir in der Antennenmitte einen endlichen Antennenwiderstand. Da hier Strom und Spannung in Phase sind, ist dies ein reiner Wirkwiderstand (Bild 530).

Er setzt sich im allgemeinen zusammen aus dem eigentlichen Strahlungswiderstand R_S der Antenne und dem Verlustwiderstand der Antennenanordnung R_V, der im wesentlichen aus dem Leitungswiderstand und dem Erdwiderstand der Antenne besteht:

$$R_A = R_S + R_V . \qquad (269)$$

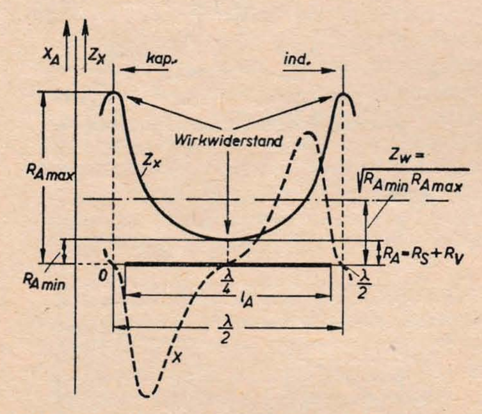


Bild 530: Scheinwiderstand Z_x und Blindwiderstand X längs einer $\lambda/2$-Antenne bei Erregung mit der Grundwelle (schematisch)

Entsprechend der Phasenverschiebung zwischen der stehenden Strom- und Spannungswelle erhalten wir für den Antennenwiderstand ($Z_x = U_x/I_x$) steigende kapazitive bzw. induktive Werte (Bild 530). Die $\lambda/2$-Antenne verhält sich vom Anfang ($x = 0$) bis zur Mitte ($x = \lambda/4$) kapazitiv (Strom eilt der Spannung voraus), während von der Mitte bis zum Ende ($x = \lambda/2$) induktives Verhalten eintritt (Spannung eilt dem Strom voraus). Daraus

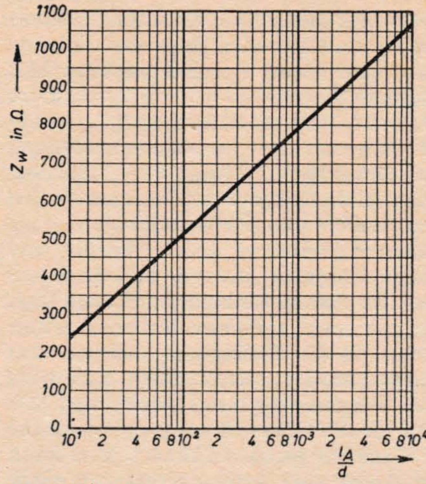


Bild 531: Wellenwiderstand von Antennen in Abhängigkeit von deren Abmessungen

erkennt man, daß die Antenne einen Reihenschwingungskreis darstellt [vgl. auch Bild 130, DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 3 (1953) S. 158]. Sie hat also ähnlich wie dieser eine gewisse Dämpfung und Bandbreite. Ganz allgemein gilt, daß der Antennenwiderstand im Strombauch als sehr kleiner Wirkwiderstand erscheint und im Spannungsbauch sehr hohe Werte annimmt (vgl. Bild 528b).

Das geometrische Mittel des maximalen und minimalen Antennenwiderstandes

$$Z_w = \sqrt{R_{A\,min}\, R_{A\,max}} \approx \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (270)$$

stellt den sogenannten Wellenwiderstand der Antenne dar. Dieser hängt von der Antenneninduktivität und der Antennenkapazität, das heißt von den Antennenabmessungen (Länge und Querschnitt) ab. Der Wellenwiderstand stellt sich entlang der Antenne dann ein, wenn die Strom- und Spannungsverteilung gleichmäßig ist. Dieser Fall liegt vor, wenn die Antenne relativ kurz ist, das heißt für $l_A \ll \lambda$ (aperiodische oder unabgestimmte Antennen). Solche Antennen haben jedoch nur für den Empfang längerer Wellen eine gewisse Bedeutung.

Für die Dämpfung der Antenne in der Mitte (Speisepunkt) gilt entsprechend Gleichung (25b) [DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 6 (1953) S. 187]:

$$d = R_A \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{R_A}{Z_w} . \qquad (271)$$

Bei Breitbandantennen, wie sie z. B. in der UKW-FM-Technik erforderlich sind, kann die Dämpfung so gering sein, daß man sie erhöhen muß. Da eine Vergrößerung des Antennenwiderstandes im Speisepunkt R_A meist nicht möglich ist, — der Strahlungswiderstand R_S kann praktisch nur unwesentlich verändert werden, während die Einschaltung eines ohmschen Dämpfungswiderstandes wegen der damit verbundenen Verluste ausscheidet —, muß hier der Wellenwiderstand der Antenne verkleinert werden. Dies geschieht durch Vergrößern des Antennenquerschnittes (Bild 531). Die Querschnittsabmessungen der Antenne haben insofern einen Einfluß auf Dämpfung und Bandbreite, als sie das L/C-Verhältnis beeinflussen. Wird der Querschnitt des Antennenleiters vergrößert, so steigt die Kapazität der Antenne und die Induktivität nimmt entsprechend ab, und umgekehrt. Durch bewußtes Erhöhen der Endkapazität kann die Bandbreite beträchtlich gesteigert werden. Man verleiht solchen Antennen eine gewisse Ausdehnung senkrecht zur Antennenachse, indem man sie zu Schleifen, Rechtecken, Dreiecken, Ellipsen, Kreisen und ähnliches ergänzt.

Die $\lambda/4$-Antenne (unsymmetrischer Strahler)

Wird die untere Hälfte der $\lambda/2$-Antenne durch eine sehr gut leitende Platte ersetzt (Bild 532), so wird die Strahlung der oberen Hälfte keinesfalls gestört, das heißt, die übriggebliebene $\lambda/4$-Antenne

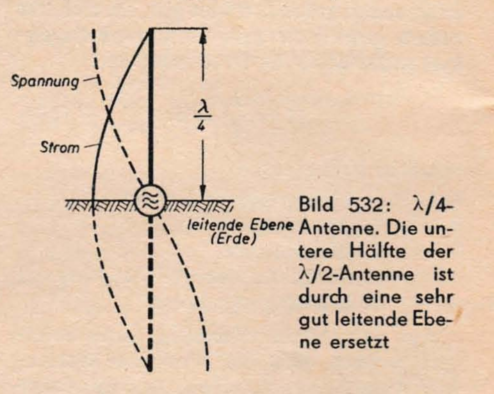


Bild 532: $\lambda/4$-Antenne. Die untere Hälfte der $\lambda/2$-Antenne ist durch eine sehr gut leitende Ebene ersetzt

strahlt genau so wie die $\lambda/2$-Antenne, unter der Voraussetzung, daß eine große und gut leitende Ebene vorhanden ist. Die leitende Ebene wirkt gewissermaßen als elektrischer Spiegel, indem sie die Strahlungsenergie der kurzgeschlossenen Antennenhälfte in den Raum reflektiert, das heißt zurückwirft.

Die praktische Ausführung eines solchen Strahlers stellt die geerdete Antenne dar, bei der das eine Ende des Senderausganges an Erde angeschlossen ist und die Erdoberfläche die nötige leitende Ebene stellt (selbstschwingender Mast). Als Erder verwendet man geeignete Kupferplatten (Fläche rund 1 m²), Kupferstangen oder ein dichtmaschiges Netz von Kupferdrähten, die genügend tief (etwa 1 bis 5 m) in das Erdreich versenkt werden. Die Strom- und Spannungsverteilung längs einer solchen Antenne bei Erregung mit der Grundfrequenz zeigt Bild 533a. Die Wellenlänge der Grundwelle ist viermal so groß wie die Antennenlänge.

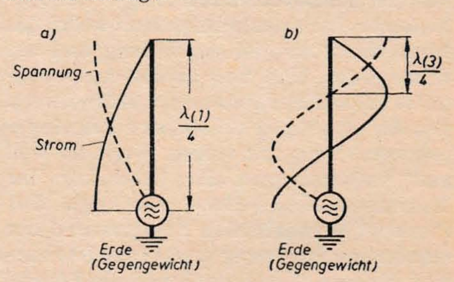


Bild 533: Strom- und Spannungsverteilung einer im Fußpunkt gespeisten $\lambda/4$-Antenne, a) Erregung mit der Grundwelle (1. Harmonische), b) Erregung mit der 2. Oberwelle (3. Harmonische)

Wird fortgesetzt

Literaturkritik und Bibliographie

Jahrbuch der Deutschen Demokratischen Republik

Verlag Die Wirtschaft, Berlin

550 Seiten, zahlreiches Bildmaterial

Kunstleder 12,— DM

Dieses Jahrbuch ist das erste umfassende, grundlegende Nachschlagewerk, das den Leser über alle Gebiete unseres neuen gesellschaftlichen Lebens informiert. Es vermittelt, unter Verwendung bisher unveröffentlichter statistischer Unterlagen und Dokumente, einen genauen Einblick in die politische, ökonomische und kulturelle Entwicklung unserer Deutschen Demokratischen Republik.

Darüber hinaus enthält es noch eine übersichtliche Zeittafel für die Periode 1945 bis 1954 als selbständigen Teil, um dem Leser das Verständnis der vielfältigensten Probleme zu erleichtern. Zahlreiche Zeittafeln und dokumentarische Berichte geben Auskunft über unsere Innen- und Außenpolitik, Volkswirtschaft und Kultur. Für alle Kapitel dieses Nachschlagewerkes ist eine einheitliche Form gewählt worden. Jedes Kapitel setzt sich aus den folgenden vier Abschnitten zusammen:

1. Ein grundsätzlicher Artikel über Aufgabenstellung und Aufgabenerfüllung des betreffenden Gebietes.
2. Eine Zeittafel, die die wichtigsten Daten und Faktoren des Berichtsjahres auf dem betreffenden Gebiet festhält.
3. Statistische Angaben, Schaubilder, Dokumente und dokumentarische Auszüge, die der Beweisführung des Artikels dienen sollen.
4. Eine Bibliographie der wichtigsten Arbeiten, Bücher, Broschüren, Zeitschriften, Artikel sowie Gesetze, Verfügungen und Verordnungen über das betreffende Wissensgebiet.

Das Adressenverzeichnis ist nach amtlichen Unterlagen und nach dem neuesten Stand zusammengestellt worden. Es umfaßt alle wesentlichen staatlichen Organe bis zur Bezirksebene, die gesellschaftlichen Organisationen sowie alle wissenschaftlichen und kulturellen Institutionen der Deutschen Demokratischen Republik. Das Register am Schluß des Jahrbuches beschränkt sich auf ein thematisches Stichwortverzeichnis mit Angaben, in welchem Kapitel und Kapitelabschnitt Material zu dem gesuchten Begriff zu finden ist.

Unter der Mitarbeit führender Persönlichkeiten der Regierung und des Staates, der Parteien und Massenorganisationen ist dieses Werk geschaffen worden. Verantwortlich für die Herausgabe zeichnet das Deutsche Institut für Zeitgeschichte. Es ist vorgesehen, in Zukunft jedes Jahr ein derartiges Jahrbuch erscheinen zu lassen. *G. St.*

Prof. Dr. Rózsa Péter

Das Spiel mit dem Unendlichen

B. G. Teubner Verlagsgesellschaft

Leipzig, 1955

278 Seiten, zahlreiche Bilder, 9,80 DM

Das Buch von Prof. Dr. Rózsa Péter, Doktor der mathematischen Wissenschaften, Eötvös Loránd-Universität, Budapest, mit dem Untertitel „Mathematik für Außenstehende" beschreibt die Mathematik in einem neuen Licht. Trotz der Gemeinverständlichkeit des Buches, das dem Leser im Plauderton ein Bild von der gesamten Mathematik vermittelt, ist der Gegenstand nicht oberflächlich behandelt, sondern in jedem Falle wird eine völlige Klarheit der Begriffe erreicht. Auf die Definition von anschaulichen Dingen, auf technische Einzelheiten sowie auf die Systematisierung ist verzichtet worden, da diese im Rahmen der unterhaltenden Darstellung nicht unbedingt zum Verständnis erforderlich sind und eher ermüdend wirken könnten.

Inhaltlich gliedert sich der Stoff in drei Teile. Der erste umfaßt unter anderem die Grundrechnungsarten, Zahlensysteme und Teilbarkeitsregeln, Dreieck und Rechteck, Diagonalen konvexer Vielecke, Kombinationslehre, Primzahlsatz und Gleichungen. Der zweite Teil befaßt sich mit Brüchen, irrationalen Zahlen, Logarithmen, Funktionen, Differentialquotient und Integralen, während im dritten Teil als Hauptthemen die Quadratur des Kreises, die Gruppentheorie und symbolische Logik beschrieben sind. Die Art und Weise, wie der Stoff dem Leser nahegebracht wird, ist durchaus als neu zu bezeichnen, und mancher, der an der schulmäßigen Mathematik mit ihrem strengen, lehrbuchmäßigen Aufbau nicht den rechten Gefallen fand, wird sich mit ihr durch das vorliegende Werk befreunden. Der Leser wird zugleich angeregt und unterhalten, und wenn im Vorwort des Werkes gesagt wird, daß sich das Buch „in erster Linie an zunächst nicht mathematisch interessierte Intellektuelle, Schriftsteller, Künstler und Geisteswissenschaftler" richten soll, so kann damit die Aufzählung nicht abgeschlossen sein. Vielmehr sollten auch Lehrer, Studenten, Schüler und darüber hinaus alle Werktätigen, die um die Bereicherung ihres Allgemeinwissens bemüht sind, das „Spiel mit dem Unendlichen" lesen.

Es ist zu begrüßen, daß der Verlag Teubner die Übersetzung dieses Buches herausgebracht hat. Die Aufmachung ist recht gut, der Druck und die Zeichnungen sind klar und deutlich. *Kusserow*

Helmut Schweitzer

Dezimeterwellen-Praxis

Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH

Berlin-Borsigwalde

126 Seiten, 145 Bilder, Ganzleinen 12,50 DM

Wie aus dem Vorwort des vorliegenden Buches ersichtlich ist, hat sich der Verfasser das Ziel gesetzt, eine auf breiter Grundlage angelegte, leichtverständliche Einführung in die Dezimeterwellentechnik zu schreiben, die allen daran Interessierten die Einarbeit in dieses für die Zukunft wichtige Spezialgebiet der HF-Technik erleichtern soll. Dieses Ziel dürfte der Verfasser erreicht haben. Man merkt es dem für den praktisch arbeitenden Techniker bestimmten Buche an, daß es von einem erfahrenen Praktiker verfaßt worden ist. Mit Rücksicht auf den Leserkreis wird mit den mathematischen Hilfsmitteln sehr sparsam umgegangen und auf die Ableitung von Formeln sowie auf tiefergehende Begründungen der aufgezeigten Ergebnisse grundsätzlich verzichtet. Auf diese Weise konnte auf dem engen Raum von nur 126 Seiten ein abgerundeter Überblick über dieses stark im Ausbau begriffene Teilgebiet der HF-Technik gegeben werden. Zahlreiche Leser werden es begrüßen, daß sich der Verfasser nur in sehr bescheidenem Umfange der Formelsprache bedient, um so mehr aber von Kurvendarstellungen und sonstigen Illustrationen Gebrauch macht.

Nach einer einleitenden Zusammenstellung der Formelzeichen, Pegelmaße, Frequenzbereiche, Sichtreichweiten usw. wendet sich der Autor zunächst den konzentrierten Bauelementen (Widerstand, Spule, Kondensator) zu und bespricht deren Verhalten im Dezimeterwellengebiet. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Behandlung gemischter Schaltungen mit Hilfe von Kreisdiagrammen eingegangen. — Auf einen Irrtum sei bei dieser Gelegenheit hingewiesen: Die Ortskurve des komplexen Widerstandes eines Parallelresonanzkreises bei variabler Frequenz ist bei Darstellung der Verluste durch einen Reihenwiderstand (S. 41) kein Kreis! — Der 3. Abschnitt ist den homogenen Leitungen gewidmet, wobei der Energietransport, die Transformationseigenschaften und die Verwendungsmöglichkeiten von Leitungen als Resonanzkreise im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen. In dem folgenden 4. Abschnitt geht der Autor auf das so wichtige Widerstands- und Röhrenrauschen und auf die daraus resultierenden Grenzen der Verstärkung ein, während der 5. Abschnitt der Schaltungstechnik der Dezimeterwellengeräte und schließlich der 6. Abschnitt den Antennen vorbehalten ist. Eine Zusammenstellung wichtiger Tabellen (7. Abschnitt) beschließt das drucktechnisch vorzüglich ausgestattete und inhaltlich reichhaltige Buch.

Es ist dem Buch von Schweitzer eine ebenso weite Verbreitung zu wünschen, wie sie die anderen Bücher des gleichen Verlages schon gefunden haben. *Dahms*

H. Knobloch

Der Tonband-Amateur

Franzis-Verlag, München, 1956

2., erweiterte Auflage

90 Seiten, 29 Bilder, 4,20 DM

Nachdem geeignete Magnetbandgeräte zur Verfügung standen, gesellte sich in den letzten Jahren zu dem bereits seit Jahrzehnten tätigen Kreis der Fotoamateure die zunächst noch relativ kleine, aber doch ständig zunehmende Zahl der Tonbandamateure. Auch sie müssen viele Faktoren beachten, damit ihre Tonaufnahmen den gestellten Erwartungen entsprechen.

Das vorliegende Büchlein aus der Feder eines erfahrenen Praktikers gibt in ausführlicher Weise mit vielen Beispielen die Anleitung, wie ein Magnetbandgerät voll auszunutzen ist und wie mit ihm qualitativ gute Tonaufnahmen zu erzielen sind.

Im ersten Abschnitt werden in gedrängter Form die wesentlichsten physikalischen und physiologischen Grundbegriffe der Akustik sowie die magnetische Schallaufzeichnung elementar behandelt. Die weiteren neun Abschnitte behandeln den mechanischen, elektrischen und schaltungstechnischen Teil der Magnettongeräte, Einbauprobleme, das Tonband und die Spulen, die Bedienung des Gerätes, Mikrofonaufnahmen, Umspulungen, das Kleben der Bänder, Störungen und ihre Ursachen sowie die Archivierung. Den Abschluß bildet ein Sachverzeichnis.

Auf Seite 51 wird die seit Januar 1955 festgelegte Aufzeichnungsrichtung der beiden Bandspuren erwähnt und darauf hingewiesen, daß die vor diesem Zeitpunkt gekauften Geräte europäischer Fertigung überwiegend die umgekehrte Spurlage aufweisen. Hierzu ist zu bemerken, daß diese neue in DIN 45511, März 1955, festgelegte und allgemein als „internationale Spurlage" bezeichnete Aufzeichnungsrichtung bereits seit Jahren in der Deutschen Demokratischen Republik, zumindest bei den Geräten, die im Bereich der HV RFT gefertigt werden, gebräuchlich ist, so daß ihre Besitzer von dieser Änderung nicht betroffen werden.

Es werden ausschließlich neue handelsübliche Geräte und Hilfseinrichtungen besprochen und durch sehr gute Bilder veranschaulicht.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß es dem Verfasser gelungen ist, Anfängern und ernsthaften Tonbandamateuren in leichtverständlichem, klarem Stil zahlreiche praktische Ratschläge und neue Hinweise zu geben und damit die Freude an der Tonbandtechnik zu steigern und ihr neue Anhänger zu gewinnen. *Strobel*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

Ludwig Hildebrand

Amateur-Elektronik, Band 1

Jakob Schneider Verlag, Berlin-Tempelhof

2., verbesserte Auflage

72 Seiten, 68 Bilder, broschiert 3,30 DM

Im J. Schneider Verlag erschien die zweite Auflage des 1. Bandes der Amateur-Elektronik, bei der Anregungen aus dem Leserkreis ausgewertet und einige Verbesserungen vorgenommen wurden. L. Hildebrand gibt in leichtverständlicher Art eine Einführung in die Elektronik mit Bauanleitungen und Beschreibungen von verhältnismäßig leicht nachzubauenden elektronischen Geräten.

Nachstehend die Hauptkapitel dieser Broschüre: Die elektronischen Bauelemente, das Prüffeld und der Aufbau elektronischer Geräte, Prüftafel, Elektronenröhren, UKW-Pendelempfänger, Kleinstempfänger für den Mittelwellenbereich, Röhrensummer oder Tongenerator, elektronisches Musikinstrument, Mikrofonverstärker, Haussprechanlage, Motorradtelefon, Glimmlampen, Glimmlampenkippgerät, Elektronenschaltuhr, Fotozellen, Leuchtstofflampen und Blitzröhren.

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

Chronik der Nachrichtentechnik

Von Dipl.-Ing. HANS SCHULZE-MANITIUS

1896

Dem deutschen Elektrotechniker Strecker gelingt es, mit Hilfe von Induktionsströmen durch die Erde oder durch Wasser zwischen zwei parallel gespannten Drahtleitungen Zeichen bis zu 17 km Entfernung zu übertragen.

Sein Verfahren erforderte aber nicht nur sehr empfindliche Instrumente, sondern auch sehr lange Leitungsdrähte und verhältnismäßig starke Ströme. Strecker verwendete eine 3 km lange Primärleitung und einen 1,2 km langen Empfangsdraht. Der Primärstrom betrug 14 bis 19 A.

Alle diese Versuche fanden jedoch bald ein Ende, als sich um diese Zeit herausstellte, daß man durch Strahlung elektrischer Wellen auf weit größere Entfernungen drahtlos telegrafieren kann, wobei auch nur verhältnismäßig geringe Energiemengen aufgewendet zu werden brauchen. Trotzdem verschwanden die mit Erd- und Induktionsströmen arbeitenden alten Verfahren nicht vollkommen, sie werden heute nur nicht mehr zur Übertragung von Nachrichten verwendet. Diese Erdstrommethode wird zum Beispiel vielfach für geologische Forschungen verwendet, da man aus der Verteilung der Erdströme und dem daraus erkennbaren Verlauf der leitfähigen Schichten Folgerungen auf die Beschaffenheit des Erdbodens ziehen kann. Auch die Induktionswirkung auf größere Entfernungen wird in verschiedener Weise praktisch ausgewertet, wobei man sich allerdings elektrischer Schwingungen bedient und gleichzeitig den Empfang durch die Verwendung der Elektronenröhre vereinfacht.

1896

Der Amerikaner MacFarlan Moore erfindet die nach ihm benannte Glimmlampe, die später bei Fernsehversuchen eine gewisse Rolle spielte (siehe 1920).

1896

Der russische Gelehrte Alexander Grigorjewitsch Stoletow (geb. 1839), der 1888 eine neue Methode des Fernsehens angegeben hatte, stirbt im Alter von 57 Jahren.

Anfang 1896

Guglielmo Marconi gelingt es, drahtlose Zeichen über eine Entfernung von 3,2 km von der Sendestation zum Empfänger zu übermitteln.

März 1896

Der russische Physiker Alexander Popow berichtet in der Sitzung der physikalischen Abteilung der Russischen Physikalisch-Chemischen Gesellschaft über die Ergebnisse seiner Arbeiten und sendet zum ersten Male auf der Welt durch das Radio einen sinnvollen Text, nämlich die Worte „Heinrich Hertz“, die er auf eine Entfernung von 250 m übermitteln konnte. Dies war die erste Radiosendung in der Geschichte, bei der ein zusammenhängender Text übermittelt wurde und in der er seine edle Gesinnung dadurch bewies, daß er rückhaltlos die Verdienste des Deutschen Heinrich Hertz in dieser vornehmen Weise anerkannte.

Juni 1896

Guglielmo Marconi meldet in England sein erstes Patent auf ein „praktisch verwendbares System der Telegrafie ohne Draht“ an.

Sommer 1896

William Preece, der Chefingenieur des Londoner Haupttelegrafenamtes, der selbst auf der Suche nach einer neuen Telegrafiermethode war und von Marconis Versuchen gehört hatte, fordert Marconi auf, ihm seine Versuche vorzuführen und stellt ihm das Personal seiner Telegrafenverwaltung zur Verfügung. Er sollte vom Hauptpostamt in St. Martins-le-Grand Signale zu einer ebenfalls von ihm errichteten Empfangsstation am Themseufer senden. Die Beamten setzten ein Telegramm auf, das Marconi sofort weitergab und das unten in der Flußstation verstanden wurde, ohne daß es wiederholt zu werden brauchte. Marconi gelang der Beweis, daß sich seine Theorie in die Praxis umsetzen ließ.

Nach diesen ersten offiziellen Experimenten wurde Marconi von Heeres- und Marineingenieuren zu weiteren Versuchen aufgefordert. Es gelang ihm, von Salisbury Plain aus Nachrichten auf 7, 12 und endlich 15 km Entfernung zu senden.

William Preece wies ihm einen jungen Ingenieur der Telegrafenverwaltung als Assistenten zu, James Stevens Kemp, der bis zu seinem Tode im Jahre 1932 in der Geschichte der drahtlosen Telegrafie und bei den Erfolgen Marconis einen bedeutenden Platz einnahm.

Februar 1897

Es wird die Fernsehvorrichtung des Polen Jan Szczepanik (geboren am 26. 6. 1872 in Krosno in Galizien, gestorben im April 1926 in Tarnow in Galizien, der auch auf dem Gebiete der Fotografie, der Webereitechnik und des Farbfilms erfolgreich arbeitete) bekannt. Er verwendete zur Bildzerlegung und zum Bildaufbau je zwei elektromagnetisch gesteuerte und um zwei zueinander senkrechte Achsen schwingende Le Blancsche Spiegel, wobei er den Synchronismus durch gleichphasige Erregung der antreibenden Elektromagnete erreichte. Um die Trägheit der Selenzellen zu beseitigen, wollte er diese durch ein Uhrwerk ständig und bei der Rotation symmetrisch drehen, so daß immer neue Elemente des Selens wirksam wurden.

Der Szczepaniksche Fernsehaufnahmeapparat glich einem Telefonkästchen, an dem sich auch ein Anrufapparat mit Telefon befand, um gleichzeitig auch sprechen zu können.

Von dem fernzusehenden Gegenstand wurde zunächst ein scharfes Linsenbild G (siehe Bild) entworfen. Dieses wurde durch zwei feine spiegelnde Linien in Punkte zerlegt. Auf dem Eisenplättchen ac war ein linienförmiger Spiegel angebracht (die Linie steht senkrecht zur Fläche der Zeichnung im nebenstehenden Bild). Bei Stillstand des Spiegels spiegelte sich ein linienförmiger Abschnitt des Gegenstandes G, bei einer Bewegung des Spiegels ein anderer, bei einer Drehung des Spiegels nacheinander sämtliche Teile des Gegenstandes von unten nach oben oder umgekehrt. Die Hin- und Herbewegung und damit die Schwingung des Spiegels erfolgte in sehr schneller Folge durch einen Elektromagneten wie bei der Membrane eines Telefons. Senkrecht zum ersten stand ein anderer Linienspiegel ad. Beide Spiegel kreuzten sich also nur in einem Punkt, so daß der ganze Gegenstand G bei geeigneten Schwingungen in einzelnen Lichtpunkten im Spiegel ad wieder erschien.

In den Bildern a bis d (Bild unten) ist x die Richtung des Spiegels ac, y diejenige des Spiegels ad. Verschieben sich beide Spiegel gleichmäßig und in gleichen Zeiten von x bis x_1 und von y bis y_1, so erscheint als reflektiertes Bild bei o (siehe Bild) die Linie K im Bild a, die sich bei gleichmäßiger Bewegung der Spiegel immer wiederholen würde. Besteht jedoch in den Schwingungen der Spiegel ein größerer Unterschied, so wird die Linie K zu einer Zickzacklinie (Bilder b und c). Ist dieser Unterschied jedoch nur gering, so erscheint die Linie K in der im Bild d wiedergegebenen Form. Sämtliche Punkte des Gegenstandes ließen sich also durch geeignete Regulierung der Spiegelschwingungen nach o (im Bild) reflektieren. Führte jeder Spiegel in der Sekunde nur 100 Schwingungen aus, so konnten in der Sekunde $100 \cdot 100 = 10000$ Lichtpunkte aufgenommen werden. Schon damals gestattete der hohe Stand der Präzisionsmechanik, Spiegelschwingungen mit solcher Sicherheit und Schnelligkeit auszuführen, daß die Spiegel in der Sekunde mehrere tausend Schwingungen ausführten und somit ein Bild in $^1/_{10}$ Sekunde in Hunderttausende, ja Millionen Lichtpunkte zerlegt werden konnte.

In dieser schnellen Folge fielen diese Lichtpunkte auf die Selenscheibe S. Da Selen seinen Widerstand gegen elektrischen Strom nicht schnell genug wechselt, verwendete Szczepanik eine aus isolierten Selenzellen bestehende Scheibe. Da diese durch ein Uhrwerk ständig gedreht wurde, bot sie den Lichtwirkungen in jedem Augenblick eine andere Zelle. Durch optische Vorrichtungen wurden die Lichtpunkte derart verbreitert, daß sie die ganze Fläche der Selenzelle zwischen den Kontakten bedeckten.

Der elektrische Strom trat bei S in den Selenring ein und daneben wieder aus und wurde durch die Lichtwirkungen auf das Selen mehr oder minder abgeschwächt.

Diese Stromschwankungen gelangten in den Fernsehwiedergabeapparat (Bild unten), in dem sich eine intensive Lichtquelle (Tageslicht o^2 oder elektrisches Licht l) und vor dieser ein Schirm mit einer feinen Öffnung befand. Diese Öffnung wurde durch den wechselnden elektrischen Strom erweitert oder geschlossen, vermutlich durch magnetelektrische Zirkularpolarisation (Plessner schlug hierfür eine „Turmalin-Vibrationsanordnung“ vor).

Je stärker der Strom von der Selenzelle durchgelassen wurde, um so mehr Licht gelangte durch die Öffnung im Schirm. Es fiel auf p_1, von dort auf die schwingenden Linienspiegel ad_1 und a_1c_1 und wurde von diesen dann zu dem bei G_1 auf einer Mattscheibe erscheinenden Gesamtbild zusammengesetzt. Um ein sauberes Bild zu erhalten, mußten die Linienspiegel im Aufnahme- wie im Wiedergabegerät genau synchron schwingen. Dies wurde hier auf akustischem Wege durch Einschaltung von Telefonen, erreicht, die bei synchronem Lauf der Spiegel genau den gleichen Ton gaben.

Szczepanik übertrug nicht nur hell-dunkle, sondern bereits auch farbige Bilder, wobei er die Farben, bevor sie auf den ersten Linienspiegel fielen, durch ein Prisma p zerlegte und bei p_1 wieder durch Bewegung eines Prismas zusammensetzte.

Nach Augenzeugenberichten soll es Szczepanik gelungen sein, die Bilder verhältnismäßig gut übertragen zu können, wenn auch die Farben etwas unklar und die Bilder etwas zittrig (wie bei den damaligen Filmvorführungen) waren.

Szczepaniks Fernseheinrichtung

